

TESIS

**MODIFIKASI PROTOKOL AODV-BR MENGGUNAKAN  
LINK EXPIRATION TIME (LET) UNTUK  
MENINGKATKAN STABILITAS LINK DI LINGKUNGAN  
MOBILE Ad-Hoc NETWORK (MANET)**

**R A C H M A T**  
NRP. 5113201048

**DOSEN PEMBIMBING**  
Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D.  
Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Sc.

**PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

THESIS

# **MODIFICATION OF AODV-BR PROTOCOL USING LINK EXPIRATION TIME (LET) TO IMPROVING LINK STABILITY IN MOBILE Ad-Hoc NETWORK (MANET)**

RACHMAT  
NRP. 5113201048

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D.  
Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Sc.

MASTER PROGRAM  
INFORMATICS ENGINEERING  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Komputer (M.Kom.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

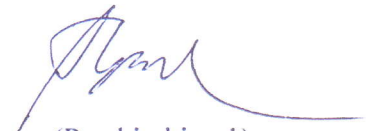
oleh:  
Rachmat  
Nrp. 5113201048

Dengan judul :  
MODIFIKASI PROTOKOL AODV-BR MENGGUNAKAN LINK EXPIRATION TIME  
(LET) UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS LINK DI LINGKUNGAN MOBILE  
Ad-Hoc NETWORK (MANET)


Tanggal Ujian : 21-12-2016  
Periode Wisuda : 2016 Gasal

Disetujui oleh:

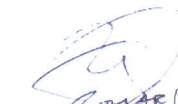
Prof.Ir.Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D  
NIP. 194806191973011001

  
(Pembimbing 1)


Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Sc  
NIP. 1984101620081210002

  
(Pembimbing 2)

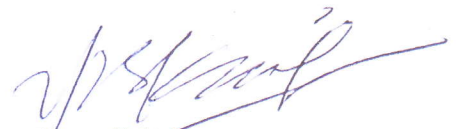
Tohari Ahmad, S.Kom, MIT, Ph.D  
NIP. 197505252003121002

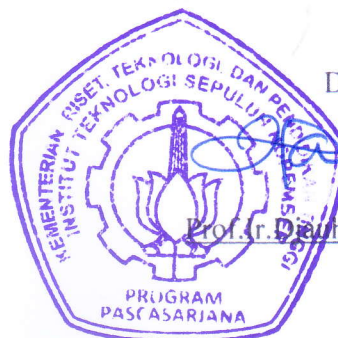
  
(Penguji 1)

Royyana Muslim I, S.Kom, M.Kom, Ph.D  
NIP. 197708242006041001

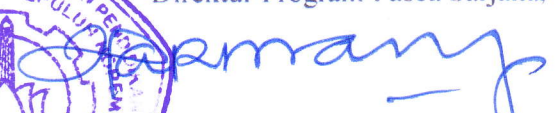
  
(Penguji 2)

Waskitho Wibisono, S.Kom, M.Eng, Ph.D  
NIP. 197410222000031001

  
(Penguji 3)



Direktur Program Pasca Sarjana,

  
Prof.Ir. Djuhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. NIP.  
196012021987011001

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil Aalamin. Puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan judul “Modifikasi Protokol AODV-BR Menggunakan *Link Expiration Time* (LET) untuk Meningkatkan Stabilitas Link di Lingkungan *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET)”.

Sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi penulis dan umat ini.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik Informatika di jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis, dalam penyelesaian penelitian ini telah banyak mendapatkan dukungan moril dan materil dari berbagai pihak. Maka untuk itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayah dan Ibu serta saudara-saudara atas segala upaya yang diberikan untuk kebaikan penulis.
2. Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D. Selaku dosen pembimbing satu, atas segala kebijakannya guna terselesainya tesis ini.
3. Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Eng.Sc. Selaku dosen pembimbing dua, atas segala bimbinganya hingga terselesainya tesis ini.
4. Bapak Prof. Jhoni hermana, selaku Rektor ITS.
5. Bapak Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi ITS.
6. Bapak Waskito Wibisono, S.Kom, M.Eng, Ph.D, Selaku ketua Program Magister Teknik Informatika ITS.
7. Bapak/ Ibu dosen progran studi S2 Teknik Informatika yang telah berkenan untuk membagi ilmu dan wawasan kepada penulis.
8. Teman-teman dan seluruh kerabat yang secara langsung maupun tidak langsung ikut dalam terselesaikannya tesis ini.

Penulis menyadari karya ini belum sempurna, namun besar harapan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 21 Desember 2016

Penulis

# **MODIFIKASI PROTOKOL AODV-BR MENGGUNAKAN LINK EXPIRATION TIME (LET) UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS LINK DI LINGKUNGAN MOBILE Ad-Hoc NETWORK (MANET)**

Nama Mahasiswa : Rachmat  
NRP : 5113201048  
Pembimbing I : Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D.  
Pembimbing II : Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Sc.

## **ABSTRAK**

Protokol *Ad-Hoc On-demand Distance Vector* (AODV) merupakan salah satu protokol yang cukup matang pada jaringan mobile Ad-Hoc. Namun protokol AODV tradisional dalam beberapa hal tampaknya kurang memuaskan khususnya pada stabilitas pengiriman data. Pengembangan terus dilakukan, salah satunya AODV-*Backup Routing* yang kemudian dikenal dengan AODV-BR, hadir untuk mengatasi masalah stabilitas pengiriman data dengan menyediakan rute cadangan, namun demikian AODV-BR masih menggunakan routing tradisional yang rentan terhadap pemutusan jalur karena pembentukan rute didasarkan pada perhitungan minimal hop. Penelitian ini mengusulkan modifikasi AODV-BR dengan reliabilitas berupa kemampuan membangun rute utama dan cadangan dengan nilai stabilitas tertinggi yang kemudian disebut AODV-*Stable Backup Routing* (AODV-SBR). Berbekal algoritma Link Expiration Time (LET) dengan teknik perhitungan pergerakan node, maka AODV-SBR mampu menghitung nilai minimal dan maksimal keterhubungan *node-node* dalam sebuah rute sebagai acuan utama dalam membangun rute pengiriman data yang lebih stabil. Hasil uji kedua protokol dari sisi *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Throughput*, *End-to-En Delay* dan *Routing Overhead* secara keseluruhan memperlihatkan kinerja AODV-SBR lebih baik dibandingkan AODV-BR.

**Kata kunci** : AODV-BR, *Link ExpirationTime*, AODV-SBR

# **MODIFICATION OF AODV-BR PROTOCOL USING LINK EXPIRATION TIME (LET) TO IMPROVING LINK STABILITY IN MOBILE Ad-Hoc NETWORK (MANET)**

Nama Mahasiswa : Rachmat  
NRP : 5113201048  
Pembimbing I : Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc, Ph.D.  
Pembimbing II : Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom, M.Sc.

## **ABSTRACT**

*AODV protocol is a protocol that is fairly mature in mobile Ad-Hoc network. But the traditional AODV protocol in some ways it seems less satisfying, especially on the stability of data transmission. Development continues, one of which AODV-Backup Routing which became known AODV-BR, were present to address the stability issues of data delivery by providing a backup route, however, AODV-BR still use traditional routing paths that are vulnerable to termination due to the formation of these calculations are based on minimum hop. This study proposes a modified AODV-BR with reliability be the ability to build main route and to choose the route up to the value of the highest stability was then called AODV-Stable Backup Routing (AODV-SBR). Armed algorithms Link Expiration Time with node movement calculation technique, so the AODV-SBR is able to calculate the value of the minimum and maximum connectivity nodes in a route as the main reference in establishing a delivery route data more stable. The results test of the both protocols in Packet Delivery Ratio (PDR), Throughput, End-to-End Delay and Routing Overhead shows that performance of AODV-SBR better than AODV-BR.*

**Keyword :** AODV-BR, Link Expiration Time AODV-SBR

## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL .....                                      | i       |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                  | ii      |
| KATA PENGANTAR .....                                     | iii     |
| ABSTRAK .....  | v       |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                    | vi      |
| DAFTAR ISI .....   | vii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                      | x       |
| DAFTAR TABEL .....                                       | xv      |
| BAB I PENDAHULUAN  |         |
| 1.1 Latar Belakang .....                                 | 1       |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                              | 3       |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat .....                             | 4       |
| 1.4 Batasan Penelitian .....                             | 4       |
| 1.5 Kontribusi Penelitian .....                          | 4       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                                  |         |
| 2.1 <i>Mobile Ad-Hoc Network</i> (MANET) .....           | 7       |
| 2.1.1 Definisi MANET .....                               | 7       |
| 2.1.2 Karakteristik MANET .....                          | 9       |
| 2.1.3 Protokol MANET .....                               | 10      |
| 2.1.4 Fokus Pengembangan MANET .....                     | 11      |
| 2.2 <i>Ad-Hoc On-demand Distance Vector</i> (AODV) ..... | 12      |



|   |    |
|---|----|
| 2.2.1 Pembentukan Rute AODV .....           | 13 |
| 2.2.2 Pemeliharaan Rute AODV .....          | 15 |
| 2.3 AODV- <i>Beckup Routing</i> .....       | 16 |
| 2.4 <i>Link Expiration Time</i> (LET) ..... | 16 |
| 2.6 <i>Network Simulator 2</i> (NS2) .....  | 17 |

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Studi Literatur .....                             | 21 |
| 3.2 Perumusan Masalah .....                           | 22 |
| 3.3 Perhitungan Stabilitas Node menggunakan LET ..... | 23 |
| 3.4 Perhitungan Stabilitas Rute menggunakan PET ..... | 24 |
| 3.5 <i>Routing Discovery</i> AODV-BR .....            | 25 |
| 3.6 Proses Modifikasi AODV .....                      | 26 |
| 3.6 Proses Penggunaan <i>Node Backup</i> .....        | 30 |
| 3.4 Simulasi Modifikasi .....                         | 30 |
| 3.5 Analisis Kinerja .....                            | 31 |

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 4.1 Lingkungan Pengujian .....        | 35 |
| 4.2 Skenario Pengujian .....          | 36 |
| 4.2.1 Skenario Kelompok Pertama ..... | 38 |
| 4.2.2 Skenario Kelompok Kedua .....   | 38 |
| 4.3 Format <i>Trace File</i> .....    | 38 |
| 4.4 Implementasi dan Pengujian .....  | 40 |
| 4.5 Hasil Pengujian dan Analisa ..... | 41 |

|   |    |
|---|----|
| 4.5.1 Tabel dan Grafik <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 42 |
| 4.5.2 Analisa <i>Packet Delivery Ratio</i> .....          | 48 |
| 4.5.3 Tabel dan Grafik <i>End-to-End Delay</i> .....      | 50 |
| 4.5.4 Analisa <i>End-to-End Delay</i> .....               | 56 |
| 4.5.5 Tabel dan Grafik <i>Throughput</i> .....            | 58 |
| 4.5.6 Analisa <i>Throughput</i> .....                     | 65 |
| 4.5.7 Tabel dan Grafik <i>Routing Overhead</i> .....      | 66 |
| 4.5.8 Analisa <i>Routing Overhead</i> .....               | 73 |
| 4.5.7 Tabel dan Grafik <i>Hop Count</i> .....             | 74 |
| 4.5.8 Analisa <i>Hop Count</i> .....                      | 80 |
| <br>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN                            |    |
| 5.1 Kesimpulan .....                                      | 83 |
| 5.2 Saran .....   | 84 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                      | 85 |
| BIOGRAFI PENULIS  |    |

## DAFTAR GAMBAR

|            |   | Halaman |
|------------|---|---------|
| Gambar 2.1 | Format <i>Route Request</i> AODV .....  | 13      |
| Gambar 2.2 | Format <i>Route Replay</i> AODV .....   | 13      |
| Gambar 2.3 | Format <i>Route Error</i> AODV .....  | 13      |
| Gambar 2.4 | Pengiriman <i>Route Request</i> (RREQ) .....  | 15      |
| Gambar 2.5 | Pengiriman <i>Route Replay</i> (RREP) .....   | 15      |
| Gambar 3.1 | Gambaran Umum Penelitian .....  | 21      |
| Gambar 3.2 | Ilustrasi Posisi Node .....   | 24      |
| Gambar 3.3 | <i>Flowchart</i> pada <i>Routing</i> sebelumnya .....   | 27      |
| Gambar 3.4 | <i>Flowchart</i> AODV-SBR .....   | 28      |
| Gambar 4.1 | Alur Proses Pengujian .....   | 39      |
| Gambar 4.2 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 50 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 40      |
| Gambar 4.3 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....   | 41      |
| Gambar 4.4 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 75 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 41      |
| Gambar 4.5 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....   | 42      |
| Gambar 4.6 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 100<br>terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 43      |
| Gambar 4.7 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 43      |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.8  | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 125<br>terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 44 |
| Gambar 4.9  | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap<br><i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 45 |
| Gambar 4.10 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 150<br>terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 45 |
| Gambar 4.11 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20<br>terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 46 |
| Gambar 4.12 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 50<br>terhadap <i>Delay</i> .....                  | 48 |
| Gambar 4.13 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap<br><i>Delay</i> .....                   | 49 |
| Gambar 4.14 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 75<br>terhadap <i>Delay</i> .....                  | 49 |
| Gambar 4.15 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap<br>Konsumsi <i>Delay</i> .....          | 50 |
| Gambar 4.16 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 100<br>terhadap <i>Delay</i> .....                 | 51 |
| Gambar 4.17 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10<br>terhadap <i>Delay</i> .....                  | 51 |
| Gambar 4.18 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 125<br>terhadap <i>Delay</i> .....                 | 52 |
| Gambar 4.19 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15<br>terhadap <i>Delay</i> .....                  | 53 |
| Gambar 4.20 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 150<br>terhadap <i>Delay</i> .....                 | 53 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.21 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Delay</i> .....            | 54 |
| Gambar 4.22 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 50 terhadap <i>Throughput</i> .....       | 56 |
| Gambar 4.23 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Throughput</i> .....        | 57 |
| Gambar 4.24 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 75 terhadap <i>Throughput</i> .....       | 58 |
| Gambar 4.25 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap <i>Throughput</i> .....        | 58 |
| Gambar 4.26 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 100 terhadap <i>Throughput</i> .....      | 59 |
| Gambar 4.27 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap <i>Throughput</i> .....       | 60 |
| Gambar 4.28 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 125 terhadap <i>Throughput</i> .....      | 60 |
| Gambar 4.29 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap <i>Throughput</i> .....       | 61 |
| Gambar 4.30 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 150 terhadap <i>Throughput</i> .....      | 62 |
| Gambar 4.31 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Throughput</i> .....       | 62 |
| Gambar 4.32 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 50 terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 64 |
| Gambar 4.33 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 65 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.34 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 75<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 65 |
| Gambar 4.35 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap<br><i>Routing Overhead</i> .....   | 66 |
| Gambar 4.36 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 100<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 67 |
| Gambar 4.37 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 67 |
| Gambar 4.38 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 125<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 68 |
| Gambar 4.39 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 69 |
| Gambar 4.40 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 150<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 69 |
| Gambar 4.41 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20<br>terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 70 |
| Gambar 4.42 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 50<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....         | 72 |
| Gambar 4.43 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap<br><i>Hop Count</i> .....          | 73 |
| Gambar 4.44 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 75<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....         | 73 |
| Gambar 4.45 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap<br><i>Hop Count</i> .....          | 74 |
| Gambar 4.46 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 100<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....        | 75 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.47 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....  | 75 |
| Gambar 4.48 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 125<br>terhadap <i>Hop Count</i> ..... | 76 |
| Gambar 4.49 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....  | 77 |
| Gambar 4.50 | Grafik Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Jumlah Node 150<br>terhadap <i>Hop Count</i> ..... | 77 |
| Gambar 4.51 | Grafik Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20<br>terhadap <i>Hop Count</i> .....  | 78 |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat yang Digunakan .....  | 33      |
| Tabel 4.2 Parameter Simulasi .....  | 35      |
| Tabel 4.3 Informasi pada <i>Trace File</i> .....  | 37      |
| Tabel 4.4 Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 50 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....         | 40      |
| Tabel 4.5 Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....   | 40      |
| Tabel 4.6 Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 70 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....         | 41      |
| Tabel 4.7 Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....   | 42      |
| Tabel 4.8 Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 100 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....        | 42      |
| Tabel 4.9 Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....  | 43      |
| Tabel 4.10 Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 120 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....       | 44      |
| Tabel 4.11 Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 44      |
| Tabel 4.12 Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 150 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> .....       | 45      |
| Tabel 4.13 Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Packet Delivery Ratio</i> ..... | 46      |



|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 4.14 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 50 terhadap <i>Delay</i> .....                | 48 |
| Tabel 4.15 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Delay</i> ....           | 48 |
| Tabel 4.16 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 70 terhadap <i>Delay</i> .....                | 49 |
| Tabel 4.17 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap <i>Delay</i> ....           | 50 |
| Tabel 4.18 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 100 terhadap <i>Delay</i> .....               | 50 |
| Tabel 4.19 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap <i>Delay</i> ...           | 51 |
| Tabel 4.20 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 120 terhadap <i>Delay</i> .....               | 52 |
| Tabel 4.21 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap <i>Delay</i> ...           | 52 |
| Tabel 4.22 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 150 terhadap <i>Delay</i> .....               | 53 |
| Tabel 4.23 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Delay</i> ...           | 54 |
| Tabel 4.24 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 50 terhadap <i>Throughput</i> .....           | 56 |
| Tabel 4.25 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap<br><i>Throughput</i> .....  | 57 |
| Tabel 4.26 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 70 terhadap <i>Throughput</i> .....           | 57 |
| Tabel 4.27 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap<br><i>Throughput</i> .....  | 58 |
| Tabel 4.28 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 100 terhadap <i>Throughput</i> ...            | 59 |
| Tabel 4.29 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap<br><i>Throughput</i> ..... | 59 |
| Tabel 4.30 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 120 terhadap <i>Throughput</i> ...            | 60 |
| Tabel 4.31 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap<br><i>Throughput</i> ..... | 61 |
| Tabel 4.32 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 150 terhadap <i>Throughput</i> ...            | 61 |
| Tabel 4.33 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap<br><i>Throughput</i> ..... | 62 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 4.34 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 50 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....        | 64 |
| Tabel 4.35 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 64 |
| Tabel 4.36 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 70 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....        | 65 |
| Tabel 4.37 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....  | 66 |
| Tabel 4.38 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 100 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....       | 66 |
| Tabel 4.39 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 67 |
| Tabel 4.40 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 120 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....       | 68 |
| Tabel 4.41 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 68 |
| Tabel 4.42 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 150 terhadap <i>Routing Overhead</i> .....       | 69 |
| Tabel 4.43 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Routing Overhead</i> ..... | 70 |
| Tabel 4.44 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 50 terhadap <i>Hop Count</i> .....               | 72 |
| Tabel 4.45 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 1 terhadap <i>Hop Count</i> .....         | 72 |
| Tabel 4.46 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 70 terhadap <i>Hop Count</i> .....               | 73 |
| Tabel 4.47 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 5 terhadap <i>Hop Count</i> .....         | 74 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 4.48 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 100 terhadap <i>Hop Count</i> ....        | 74 |
| Tabel 4.49 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 10 terhadap <i>Hop Count</i> ..... | 75 |
| Tabel 4.50 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 120 terhadap <i>Hop Count</i> ....        | 76 |
| Tabel 4.51 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 15 terhadap <i>Hop Count</i> ..... | 76 |
| Tabel 4.52 | Pengaruh <i>Maxspeed</i> pada Node 150 terhadap <i>Hop Count</i> ....        | 77 |
| Tabel 4.53 | Pengaruh Jumlah Node pada <i>Maxspeed</i> 20 terhadap <i>Hop Count</i> ..... | 78 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan komunikasi *wireless* terus berkembang dan termasuk salah satu teknologi yang mendapat perhatian sangat besar dari para peneliti dibidang telekomunikasi dan informasi, diaranya adalah *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET). MANET merupakan sekumpulan beberapa *wireless mobile* yang salaing terhubung antara satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan infrastruktur jaringan yang tetap atau permanen, serta tidak membutuhkan administrasi secara terpusat. Setiap node pada manet dapat berperan tidak hanya sebagai client, namun juga dapat berperan sebagai router yang bebas bergerak dari satu tempat ketempat yang lain tanpa adanya koordinasi dengan node yang lain (Lee & Gerla, 2000). Awalnya MANET diperuntukkan dalam membantu aktifitas militer di medan tempur. Namun dengan seiring perkembangannya MANET juga digunakan pada operasi penanganan bencana alam dan berbagai layanan darurat lainnya, hingga pada penggunaan dalam membantu aktivitas sehari-hari baik di kantor maupun rumah pribadi.

Tantangan utama pada MANET diantaranya adalah keterbatasan power dan mobilitas yang dimiliki setiap node (Carson & Macker, 1999) dengan demikian dibutuhkan sebuah mekanisme routing yang dapat bekerja dan menjamin sampainya paket data ketujuan dengan cepat dan tepat. Tujuan utama *routing protocol* tradisional adalah menemukan sebuah jalur dari sumber ke tujuan, sementara pada MANET mobilitas secara acak dari *node* yang ada dapat dengan mudah menyebabkan rusaknya *jalur* yang telah terbentuk dikarenakan *node* bergerak keluar dari jangkauan sinyal transmisi yang menyebabkan link antar node terputus. Mengacu pada *routing protocol* tradisional yang hanya menggunakan satu jalur, maka babak baru pencarian rute karena rusaknya *link* akan memberikan *delay* dan *overhead* serta konsumsi daya yang lebih banyak (C. H. Foh, dkk. 2005). Dengan demikian maka menentukan sebuah mekanisme ruting yang dapat menjamin stabilitas rute pengiriman paket data dari sumber ketujuan merupakan salah satu yang terpenting.

Sampai saat ini menurut (Harjeet Kaur 2013), ada tiga model *routing protocol* yang bekerja pada MANET, di antaranya yaitu model *proactive*, *reactive*, dan *hybrid*. *Proactive routing* merupakan *procokol routing* yang terus melakukan evaluasi rute ke semua *node* dalam jangkauannya untuk mempertahankan konsistensi informasi ruting yang *up-to-date*. *Reactive routing* merupakan *protocol routing* yang hanya akan melakukan pencarian jalur untuk pengiriman data apabila diperlukan. Sedangkan *hybrid routing protocol* merupakan gabungan antara dua sifat yang ada pada *routing protocol* sebelumnya untuk mengatasi kekurangan-kekurangan yang dimiliki.

Menurut (C. Perkins & M. Royer, 2003) AODV merupakan salah satu *reactive routing protocol* yang banyak digunakan dan dikembangkan, sehingga peningkatan dan perbaikan kinerja pada protokol ini terus dilakukan dengan berbagai macam studi. Satu di antaranya adalah yang dilakukan oleh Sung-Ju Lee dan Mario Gerla yang kemudian disebut *AODV-Backup Routing (AODV-BR)* (Lee & Gerla, 2000). Penelitian tersebut diusulkan untuk meningkatkan *reliability* berupa stabilitas pengiriman data dengan menyediakan jalur alternatif bila terjadi kerusakan jalur utama pada AODV tradisional saat proses pengiriman data sedang berlangsung.

Hasil pengujian AODV-BR menunjukkan kinerja yang baik, yaitu berupa peningkatan *packet delivery ratio* (PDR) jika dibandingkan dengan AODV tradisional. Namun demikian AODV-BR masih menyisakan bagian yang menurut peneliti perlu ditambahkan untuk meningkatkan kemampuannya terkait pemilihan jalur yang paling stabil. Bagian tersebut terkait dengan routing pada AODV-BR yang masih menggunakan mekanisme routing tradisional yang hanya menitik beratkan pencarian rute berdasarkan minimal hop, sehingga apabila node yang terpilih sebagai jalur utama justru memiliki pergerakan menjauh antar satu node dan node lainnya dalam jalur tersebut maka dapat dipastikan pada selang waktu tertentu jalur akan kembali terputus dikarenakan karakteristik node pada MANET yang senantiasa bergerak secara acak.

Penelitian lain, yang juga terkait pada bidang teknologi tanpa kabel (William Su, dkk 2000) bertujuan untuk melakukan prediksi pergerakan pada jaringan *wireless*, yang selanjutnya disebut *Link Expiration Time* (LET). Hasil

simulasi menunjukkan bahwa rute yang terpilih menggunakan nilai LET tertinggi memiliki waktu terhubung paling lama, serta mengindikasikan bahwa *mobility prediction* yang diterapkan meningkatkan banyaknya paket data yang terkirim ke tujuan.

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada penelitian yang telah disebutkan pada paragraf di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi peningkatan kemampuan AODV tradisional saat diterapkan pada lingkungan MANET, berupa modifikasi AODV-BR dengan menambahkan mekanisme *Link Expiration Time* sebagai acuan utama untuk mengetahui jalur dengan stabilitas tertinggi, yang kemudian disebut sebagai AODV-*Stable Backup Routing* (AODV-SBR). AODV-SBR akan melakukan pemilihan rute cadangan yang telah terbentuk dengan melakukan menghitung lama keterhubungan antar satu *node* dan *node* lainnya menggunakan perhitungan LET berdasarkan parameter pergerakan sebuah objek yaitu posisi awal, arah pergerakan dan kecepatan pergerakan node pada MANET, dengan mengetahui batas waktu keterhubungan antara satu node dan lainnya yang membentuk rute, maka nilai stabilitas setiap rute yang terbentuk juga dapat diketahui. AODV-SBR selanjutnya akan memilih rute dengan nilai stabilitas tertinggi.

Modifikasi AODV-BR menjadi AODV-SBR berupa penggabungan kedua mekanisme yang telah disampaikan pada paragraf sebelumnya diharap dapat saling melengkapi guna meningkatkan kemampuan *routing protocol* AODV menjadi lebih handal, khususnya pada penghematan power dan stabilitas *packet delivery ratio* (PDR) saat diterapkan pada lingkungan MANET. Selain itu penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu acuan guna desain *routing protocol* MANET yang lebih baik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Mengacu pada latar belakang yang telah disebutkan, maka dapat dirumuskan sebuah permasalahan yaitu meningkatkan kemampuan memilih rute dengan stabilitas tertinggi yang berbekal jalur rute cadangan sebagai jalur

pengiriman data pada AODV menggunakan Algoritma *Link Expiration Time* dan mekanisme *Backup Route*.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

Seperti apa yang telah disampaikan pada paragraf sebelumnya, penelitian ini bertujuan :

1. Menghindari potensi terputusnya rute karena tingginya pergerakan *node*.
2. Meningkatkan reliabilitas routing protokol yang diterapkan pada lingkungan MANET.

Sedangkan manfaat yang dapat diambil antara lain adalah :

1. Peningkatan kinerja routing protokol pada *Packet Delivery Ratio*, *Routing Overhead*, *Delay* dan *Throuhput* di lingkungan MANET.
2. Sebagai salah satu acuan dalam memilih protokol routing khususnya untuk MANET.

### 1.4 Batasan Penelitian

Guna fokus yang lebih baik, maka penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa batasan sebagai berikut :

1. Diterapkan pada *routing protocol* AODV.
2. Diimplementasikan menggunakan *Network Simulator 2* (NS2).
3. Jumlah *node* yang digunakan dalam simulasi ini sebanyak 50 - 150 *node*.
4. Maksimal kecepatan pergerakan node 0 – 20 *m/s*
5. Area simulasi 1000m x 1000m.
6. Lama waktu simulasi 300 detik.
7. Besaran paket data 512Kb.
8. Simulasi dilakukan pada lingkungan MANET.

### 1.5 Kontribusi Penelitian.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan *routing protocol* AODV pada lingkungan MANET guna mencapai *routing protocol* yang

lebih handal dengan berbekali kemampuan memilih jalur pengiriman data dengan jangka keterhubungan paling lama dan stabil.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Mobile Ad-Hoc Network

##### 2.1.1. Definisi

*Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) (Corson & Macker, 1999) merupakan sekumpulan beberapa wireless mobile yang saling terhubung antara satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan infrastruktur jaringan yang tetap atau permanen, serta tidak membutuhkan administrasi secara terpusat. Dalam MANET setiap node dapat berperan tidak hanya sebagai *client* namun juga dapat berperan sebagai *router* yang bebas bergerak dari satu tempat ketempat yang lain tanpa ada koordinasi dengan node lainnya (Corson & Macker, 1999) (Ramesh & Munjala, 2008). Pada awalnya MANET banyak digunakan untuk membantu militer, operasi penanganan bencana, layanan darurat dan beberapa penelitian tertentu, namun saat ini sudah digunakan juga oleh hampir semua orang untuk membantu kegiatan sehari-hari, baik di kantor, rumah, atau bahkan oleh anak kecil sekalipun.

Jaringan pada MANET dapat diklasifikasikan pada tiga kategori : *Pure Cellular/ WLAN*, *Pure Ad-hoc* dan *Hybrid* (Kevin C. Lee, dkk. 2009). Terdapat beberapa perbedaan antara jaringan *ad-hoc* dengan jaringan yang memiliki infrastruktur dan terkoordinasi secara baik, perbedaan tersebut meliputi :

- a. *Peer-to-Peer*, yaitu komunikasi yang terjadi diantara dua *node* dalam satu *hop*.
- b. *Remote-to-Remote*, yaitu komunikasi antara dua *node* di luar satu *hop*, namun masih tetap mengelolah kestabilan rute di antara keduanya.
- c. *Dinamic Traffic*, terjadi ketika *node* bergerak, maka rute harus dikonstruksi ulang, ini merupakan hasil dari tingkat mobilitas yang tinggi atau dalam kata lain MANET memiliki konektivitas yang rendah.

Setiap *node* yang menjadi bagian pada MANET dilengkapi dengan *transmitter* dan *receiver* menggunakan antena atau sejenisnya yang bersifat *omnidirectional* (broadcast), *highly direction* (point to point), sehingga

dimungkinkan untuk diarahkan atau mengkombinasikan kemampuan yang dimiliki tersebut. Kemampuan *omnidirectional* adalah kemampuan yang dapat memancarkan gelombang radio ke segala arah oleh perangkat *wireless transmitter*. Sedangkan *highly directional* adalah kemampuan untuk memancarkan ke satu arah tertentu.

Kategori protokol penyebaran data pada MANET, yaitu:

- *Unicast protocol*: fungsi kendaraan untuk kendaraan dalam membangun routing dari sumber ke tujuan (source to destination) dengan model *point to point* (one to one), jaringan satu kesatu. *unicast routing* terbagi 2 kategori, yaitu: *Min-delay routing protocol* dan *Delay-bounded routing protocol*.
- *Multicast protocol*: adalah routing yang menyampaikan banyak paket data secara serentak dari satu sumber ke seluruh *host* dalam jaringan melalui koneksi *multi-hop* serta memperhatikan status paket yang disampaikan.
- *Geocast protocol*: adalah routing yang menyampaikan paket berdasarkan pada lokasi spesifik *host* tujuan, jadi kendaraan yang berada pada *regional* tertentu akan menerima dan meneruskan paket *Geocast*, jika tidak maka paket tersebut akan mengalami *drop*.
- *Mobicast protocol*: adalah routing yang memadukan *multicast routing* dan *Geocast routing*. Routing ini akan menyampaikan informasi ke semua *node* yang terhubung dengan jaringan pada sebuah *regional* tertentu pada jangka waktu tertentu.
- *Broadcast protocol*: routing yang memiliki kemampuan untuk menyebarluaskan sebuah pesan secara *broadcast* ke semua *node* pada MANET seperti halnya *multicas*, namun *broadcast* tidak membutuhkan konfirmasi dari penerima pesan.

Metode-metode yang biasa digunakan dalam MANET adalah:

- AODV (Ad-Hoc On-demand Distance Vector): protocol ini memungkinkan *node-node* yang bergerak untuk menjaga rute ke tujuan

selama tidak ada komunikasi aktif. AODV memungkinkan *node-node* yang bergerak untuk menanggapi *link* yang terputus secara cepat dan menanggapi perubahan topologi jaringan pada waktu yang tepat.

- AOMDV (Adhoc On-demand Multipath Distance Vector Routing): adalah perbaikan dari AODV pada masalah *path* (jalur). AOMDV mencari *multipath* antara *node* sumber dan *node* destination dalam setiap pencarian rute.
- DSDV (Destination Sequencing Distance Vector): adalah protokol yang bersifat *table-driven routing* yang digunakan untuk komunikasi perangkat bergerak yang diturunkan dari algoritma Bellman-Ford. fungsi dari algoritma ini adalah untuk mengatasi masalah *loop* (putaran) pada *routing*.

### 2.1.2. Karakteristik

*Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) banyak diimplementasikan pada perangkat mobile seperti *router* dan perangkat *wireless* sehingga setiap *node* penyusun MANET dapat berpindah dari satu tempat ketempat yang lainnya, juga pada lingkungan yang berbeda, seperti pada pesawat, kapal, mobil dan lainnya.

Setiap *node* yang menjadi bagian pada MANET dilengkapi dengan dengan *transmitter* dan *reciever wireless* menggunakan antena atau sejenisnya yang bersifat *omnidirectional* (broadcast), *highly directional* (point to point), sehinga dimungkinkan untuk diarahkan atau mengkombinasikan kemampuan yang dimilikinya itu. Kemampuan *omnidirectional* adalah kemampuan yang dapat memancarkan gelombang radio kesegala arah oleh perangkat *transmitter wireless*, sedangkan *highly directional* adalah kemampuan untuk memancarkan gelombang ke satu arah tertentu.

Selain karakteristik seperti yang telah dijelaskan di atas, *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) juga memiliki beberapa karakteristik tertentu lainnya, antara lain (Corson & Macker, 1999) :

- a. Topologi yang dinamis : Node pada MANET memiliki sifat yang dinamis, yaitu dapat berpindah-pindah kemana saja. Sehingga topologi yang bentuknya adalah lompatan antara hop ke hop dapat berubah secara tidak terpolah atau acak dan dapat terjadi secara terus menerus tanpa adanya ketetapan waktu dalam perpindahannya. Bisa saja di dalam topologi tersebut terdiri dari node yang terhubung ke banyak hop lainnya, sehingga dapat berpengaruh sangat signifikan terhadap susunan topologi pada jaringan itu.
- b. Otonomi : Artinya setiap node pada MANET bersifat sebagai *end-user* sekaligus sebagai *router* yang dapat menghitung sendiri *route-path* yang selanjutnya akan dipilih.
- c. Bandwidth terbatas : link pada jaringan *wireless* cenderung memiliki kapasitas yang rendah dibandingkan dengan jaringan menggunakan kabel. Sehingga, kapasitas yang keluar untuk komunikasi *wireless* juga cenderung lebih kecil dari kapasitas maksimum transmisi. Diantara efek yang terjadi adalah *congestion* (kemacetan).
- d. Energi terbatas : Semua node pada MANET bersifat *mobile*, sehingga node harus menggunakan penampung daya seperti baterai untuk beroperasi. Oleh karenanya perlu perancangan untuk optimalisasi energi.
- e. Keamanan terbatas : jaringan *wireless* cenderung lebih rentan terhadap gangguan keamanan dibandingkan jaringan berkabel. Kegiatan pencurian seperti (*eavesdropping*, *spoofing* dan *denial of service*) harus lebih diperhatikan.

### 2.1.3. Protokol MANET

Protokol routing yang bekerja pada MANET memiliki dua model, yaitu *routing reactive* dan *routing proactive*. Routing reactive merupakan mekanisme routing yang bekerja dengan cara membentuk tabel routing jika ada permintaan pengiriman data atau terjadinya perubahan link dalam jaringan. Contoh protokol routing reactive adalah *Ad hoc On demand Distance Vector (AODV)*, *Dynamic Source Routing (DSR)*, dan *Temporary Order Routing Algorithm (TORA)*. Sedangkan routing proactive adalah metode routing yang bekerja dengan cara

membentuk tabel *routing* dan melakukan update routing setiap saat dalam periode tertentu. Sebagai contoh adalah *Optimized Link State Routing* (OLSR), *Source Tree Adaptive Routing* (STAR) dan *Wireless Routing Protocol* (WRP).

#### **2.1.4. Fokus Pengembangan MANET**

Secara teknis topik pengembangan MANET meliputi beberapa tantangan yang harus diselesaikan diantaranya adalah :

a. *Routing*

Topologi MANET sangat dinamis sekali sehingga dapat berubah ubah setiap saat tanpa perlu adanya koordinasi terlebih dahulu pada *node* penyusun jaringan, sehingga mekanisme routing yang handal merupakan sebuah kebutuhan yang sangat diperlukan untuk bekerja dalam keadaan tersebut.

b. *Security dan reliability*

Jaringan *wireless* sangat rentan sekali terhadap kehadiran pihak ketiga yang tidak bertanggung jawab, karena data yang bertebaran memungkinkan untuk ditangkap secara bebas, selain itu jaringan *wireless* juga memiliki jangkauan terbatas.

c. *Quality of service*

Karena karakteristiknya yang mobile sehingga QoS juga akan berubah-ubah, namun setidaknya harus terdapat satu mekanisme yang baik untuk dapat menjaga kestabilan QoS pada MANET.

d. *Internetworking*

Merupakan tantangan tersendiri untuk dapat mengembangkan teknologi yang dapat membuat MANET berkomunikasi pada jaringan tetap.

e. *Cogestion dan colletion control*

Beban lalu lintas yang tidak selalu stabil, dimana saat tertentu cukup lengang sedangkan pada jam-jam tertentu beban lalu lintas bisa menjadi sangat tinggi dan karenanya jaringan menjadi lebih padat dan memungkinkan terjadinya tabrakan di dalam jaringan.

f. *Dampak lingkungan*

MANET menggunakan gelombang elektromagnetik untuk komunikasi. Gelombang ini mempengaruhi lingkungan, oleh karena itu untuk menyebarkan MANET dampak lingkungan harus diperhatikan.

g. *MAC design*

MANET umumnya menggunakan media bersama untuk berkomunikasi maka desain MAC merupakan salah satu isu utama. Banyak pendekatan telah diberikan seperti TDMA, SDMA, dan CSMA dll. IEEE 802.11 mengadopsi Mac berbasis CSMA untuk MANET.

Selain yang telah disebutkan di atas, tentunya masih ada beberapa topik-topik pengembangan lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas layanan MANET.

## **2.2. Ad-Hoc On-demand Distance Vector (AODV)**

*Ad-Hoc On-demand Distance Vector (AODV)* (Perkins, dkk. 2003) merupakan protokol yang paling banyak digunakan dan dikembangkan, berbagai macam *problem* terus menerus diperbaiki pada protokol ini, *routing protocol* AODV merupakan salah satu protokol routing yang masuk dalam kategori reaktif, artinya protokol ini hanya akan di *setup* ketika ada permintaan untuk mengirim data. Algoritma AODV berjalan secara dinamis, *self-starting*, dan *routing multihop*.

Pada AODV terdapat tiga buah pesan utama yang digunakan untuk proses pembentukan jalur routing dan pemeliharaan jalur routing yaitu : *route request* (RREQ), *route replay* (RREP) dan *route error* (RERR) (Sung Ju Lee & Gerla, 2000). Format dari ketiga pesan tersebut bisa dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3. Setiap pesan kontrol AODV memiliki panjang 32 bit dengan rincian seperti terlihat pada masing-masing gambar, ketiga pesan tersebut adalah sebagai berikut :

|                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1 |   |   |   |          |   |   |   |   |   | 2 |   |   |           |   |   |   |   |   |   | 3 |   |
| 0                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4        | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3         | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 |
| Type                        |   |   |   |   |   |   |   |   | J | R | G | D | U | Reserved |   |   |   |   |   |   |   |   | Hop Count |   |   |   |   |   |   |   |   |
| RREQ ID                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Destination IP Address      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Destination Sequence Number |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Originator IP Address       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Originator Sequence Number  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |

Gambar 2.1 Format *Route Request* (RREQ) AODV.

|                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|
| 0                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1 |          |   |   |   |   |   |   |   |   | 2 |           |   |   |   |           |   |   |   |   | 3 |   |
| 0                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5         | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 |
| Type                        |   |   |   |   |   |   |   |   | R | A | Reserved |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Prefix Sz |   |   |   | Hop Count |   |   |   |   |   |   |
| Destination IP Address      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |
| Destination Sequence Number |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |
| Originator IP Address       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |
| Lifetime                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |

Gambar 2.2 Format *Route Replay* (RREP) AODV.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1        |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 2 |   |   |   |            |   |   |   |   |   | 3 |   |  |
| 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4          | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 |  |
| Type  |   |   |   |   |   |   |   |   | N | Reserved |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Dest Count |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Unreachable Destination IP Address (1)                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Unreachable Destination Sequence Number (1)                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Additional Unreachable Destination IP Address (if needed)       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Additional Unreachable Destination Sequence Numbers (if needed) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |   |   |   |   |   |  |

Gambar 2.3 Format *Route Error* (RERR) AODV.

### 2.2.1. Pembentukan Rute AODV

Proses pembentukan rute (route) pada *protocol routing* AODV yaitu dengan menggunakan dua pesan berupa penggunaan *route request* (RREQ) dan



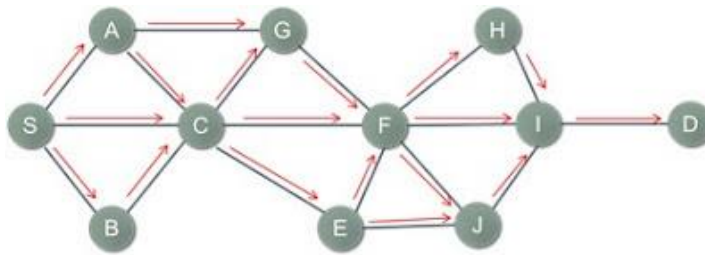
*route reply* (RREP) (Perkins, dkk. 2003). Ketika *node* sumber menginginkan suatu rute menuju *node* tujuan tetapi belum mempunyai rute yang benar, maka *node* sumber akan menginisialisasi *route discovery process* untuk menemukan rute ke *node* tujuan dengan langkah-langkah berikut :

- a. *Node* sumber akan melakukan *broadcast* paket RREQ menuju *node* tetangganya. RREQ paket berisi *source address*, *destination address*, *hopcounter*, *source and destination sequence number*, serta *broadcast ID*. Nilai *broadcast ID* akan bertambah satu setiap suatu *source node* mengirimkan RREQ yang baru dan digunakan sebagai identifikasi sebuah paket RREQ.
- b. Jika *node* yang menerima RREQ memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan mengirim paket RREP kembali menuju *node* sumber. Tetapi jika tidak memiliki informasi rute, maka *node* tersebut akan melakukan *broadcast* ulang RREQ ke *node* tetangganya setelah menambahkan nilai *hop counter*.
- c. *Node* yang menerima RREQ dengan nilai *source address* dan *broadcast ID* yang sama dengan RREQ yang diterima sebelumnya akan membuang RREQ tersebut. *Source sequence number* digunakan oleh suatu *node* untuk memelihara informasi yang valid mengenai *reverse path* (jalur balik) menuju ke *node* sumber. Pada saat RREQ mengalir menuju *node* tujuan yang diinginkan, dia akan menciptakan *reverse path* menuju ke *node*, setiap *node* akan membaca RREQ dan mengidentifikasi alamat dari *node* tetangga yang mengirim RREQ tersebut.
- d. Ketika *node* tujuan atau *node* yang memiliki informasi rute menuju *destination* menerima RREQ maka *node* tersebut akan membandingkan nilai *destination sequence number* yang dia miliki dengan nilai *destination sequence number* yang ada di RREQ.
- e. *Route Replay* (RREP) akan dikirim menuju *source node* apabila nilai *destination sequence number* yang ada di *node* lebih besar atau sama dengan nilai yang ada di RREQ , namun jika nilai *destination sequence number*

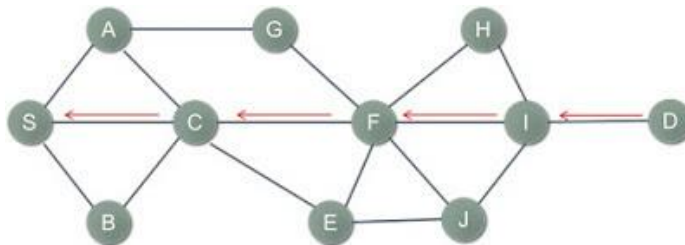
pada RREQ lebih besar maka akan di lakukan *broadcast* kembali ke *node* tetangganya.

- f. *Intermediate node* yang menerima RREP akan melakukan *update* informasi *time out* (masa aktif rute) jalur yang telah diciptakan. Informasi rute sumber ke *destination* akan dihapus apabila waktu *time out*-nya habis.

Ilustrasi proses pembentukan rute pada AODV dengan menggunakan pesan RREQ dan RREP dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu saat *broadcast* RREQ, serta Gambar 5 yang merupakan saat *node* tujuan mengirim RREP.



Gambar 2.4 Pengiriman *route request* (RREQ)



Gambar 2.5 Pengiriman *route replay* (RREP)

### 2.2.2. Pemeliharaan Rute

Setiap *node* pada *Ad-Hoc On-demand Distance Routing* (AODV) bertanggung jawab untuk memelihara informasi rute yang telah disimpan di dalam *routing* tabel-nya. Pada saat pengiriman data apabila terjadi perubahan topologi yang mengakibatkan suatu *node* tidak dapat dituju dengan menggunakan informasi rute yang ada pada tabel *routing*, maka suatu *node* akan mengirim pesan *route error* (RERR) ke *node* tetangganya dan *node* tetangganya akan

mengirim kembali RERR yang sama ke *node* tetangga yang lain, dan begitu seterusnya hingga menuju *node* sumber. Setiap *node* yang memperoleh RERR ini akan menghapus informasi yang mengalami *error* di dalam tabel routing-nya. Kemudian *node* sumber akan melakukan *route discovery process* kembali apabila rute tersebut masih diperlukan.

### 2.3. AODV-Backup Routing

Berbagai macam penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja, maupun perbaikan terhadap kekurangan-kekurangan yang ada pada AODV tradisional. Diantara beberapa penelitian yang dilakukan, salah satunya adalah AODV-Backup Routing yang kemudian disebut AODV-BR (Lee & Gerla, 2000). AODV-BR dihadirkan untuk menutupi kekurangan yang terdapat pada AODV tradisional, di antara kekurangan tersebut adalah :

- a. Tidak adanya rute cadangan atau rute alternatif yang dapat dipergunakan seketika itu juga apabila terjadi kerusakan pada rute utama, sehingga menyebabkan pembentukan rute baru oleh *node* sumber harus dilakukan.
- b. Data akan di-drop karena tidak adanya rute alternatif yang dapat dilalui sampai adanya rute baru yang terbentuk kembali.

Kejadian seperti yang telah disebutkan diatas akan menjadi masalah cukup besar, terutama jika pengiriman data mengharuskan *real time delivery*, seperti pada *voice* dan *video streaming*.

### 2.4. Link Expiration Time (LET)

Ada berbagaimacam teknik yang digunakan untuk menentukan atau memprediksi posisi pergerakan *node* pada jaringan *Ad-Hoc* (A. Savyanavar dan R. Kale, 2014), di antaranya adalah *Phsyscal Topology Based Mobility Prediction Methods* yang mendasarkan prediksinya pada pemanfaatan karakteristik dari topologi fisik MANET, dan oleh karena itu diperlukan *Global Positioning System* (GPS) untuk mendapatkan informasi pergerakan dan lokasi *node* yang sebenarnya. *Mobility Prediction in Wireless Networks* (William Su, dkk.2000) adalah salah

satu penelitian pada kelas *Physical Topology based Mobility Prediction* dengan memanfaatkan *link expiration time*, algoritma yang digunakan untuk memprediksi waktu antara dua *node* tetap terhubung dikarenakan adanya perubahan topologi pada jaringan tanpa kabel. LET dihitung berdasarkan kecepatan dan arah pergerakan *node* yang diperoleh dari perangkat GPS. Meskipun perangkat GPS belum sepenuhnya merupakan komponen standar pada perangkat *mobile wireless*. Berdasarkan data GPS terhadap posisi *mobile node* yang sudah diketahui maka waktu berakhirnya sebuah *link* dapat diprediksi.

## 2.5. Network Simulator 2

*Network Simulator* (NS) yang juga dikenal sebagai NS-2 merupakan *discrete event simulator* yang dibangun menggunakan C++ dan Tcl/ Otcl, dimana secara spesifik ditargetkan pada penelitian di bidang jaringan, NS memberikan dukungan substansi untuk simulasi TCP, *routing* dan *protocol multicast* melalui jaringan kabel dan tanpa kabel (lokal dan satelit) (NS-2. 2011).

NS pertama kali dibangun sebagai varian dari *real network simulator* pada tahun 1989 di UCB (University of California Berkeley) yang kemudian dikembangkan oleh sekelompok tim gabungan pada tahun 1995 dan disebut menjadi NS-2. Penggunaan NS-2 dapat membantu pengembang dan peneliti dalam mengembangkan atau melakukan riset dalam konteks pengembangan protokol jaringan internet. Sifat NS-2 yang *open source* di bawah GPL (Gnu Public Licence) menjadikannya dapat diperoleh secara gratis dan memungkinkan untuk terus dapat dikembangkan menjadi lebih dinamis. Pemodelan media, *protocol network component* dan perilaku *traffic* yang lebih lengkap bila dibandingkan dengan *software simulator* lainnya, ini disebabkan NS cukup banyak digunakan oleh para peneliti dunia.

NS juga mendukung bermacam-macam protokol jaringan seperti : TCP,UDP dan RTP dengan sumber trafik (FTP, Telnet dan CBR), *Queue management* (RED),FIFO,CBQ) algoritma *routing unicast* (DSDV, Link State,) aplikasi multimedia berupa *layer video*, *quality of Service*, *audio-video* dan *transcoding*, NS juga mengimplementasikan beberapa MAC (Medium Access Controller) seperti IEEE 802.11 WiFi, 802.16 WiMax diberbagai kondisi jaringan

misalnya *point to point*, *point to multi point* dan *cellular*, bahkan untuk media satelit.

Pengambilan data simulasi digunakan untuk kepentingan analisis. Dimana pengambilan data mengacu pada *trace file* yang dihasilkan setelah menjalankan simulasi. *Trace file* berisi catatan seluruh kejadian pada simulasi yang dibangun. Keluaran *trace file* berupa *file* dengan ekstensi *\*.tr*. Untuk menampilkan suatu model simulasi dilakukan dengan membuat suatu *animator file* yang biasanya berformat *\*.nam*. Untuk melakukan plot hasil simulasi dalam bentuk grafik digunakan perintah *xgraph* maupun *gnuplot*.

## 2.6. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian lain yang juga menunjukkan peningkatan kinerja protokol baik dari sisi PDR maupun throughput berkat penggunaan algoritma LET dalam memilih jalur paling stabil adalah (Nurfiana 2012) dan (Wien 2015). **Nurfiana** menerapkan algoritma LET pada Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV) guna mendahulukan penggunaan satu dari beberapa jalur yang terbentuk berdasarkan urutan nilai *Path Expiration Time* (PET) tertinggi, atau dalam kata lain jalur dengan waktu konektivitas terlama. Node sumber akan melakukan perbandingan pada setiap jalur yang terbentuk dari setiap RREP yang datang guna mencari jalur dengan nilai PET tertinggi. Bila diketahui jalur yang baru memiliki nilai PET lebih tinggi maka jalur utama akan langsung digantikan dengan jalur yang baru tersebut, demikian seterusnya.

Sedangkan **Wien** memanfaatkan algoritma LET untuk mengoptimasi pemilihan node *broadcast forwarding* pada protokol AODV\_EXT di lingkungan MANET guna meminimalisasi proses transmisi paket RREQ yang berulang. Kejadian berupa transmisi packet secara berulang dapat berdampak pada *congestion dan packet collision* atau biasa disebut *broadcast storm*. Dengan demikian maka LET pada AODV\_EXT tidak difungsikan secara langsung untuk memilih ataupun membangun jalur utama, namun LET pada AODV\_EXT digunakan hanya untuk memilih jalur node *broadcast forwarder* yang paling stabil guna mengurangi *broadcast storm*.

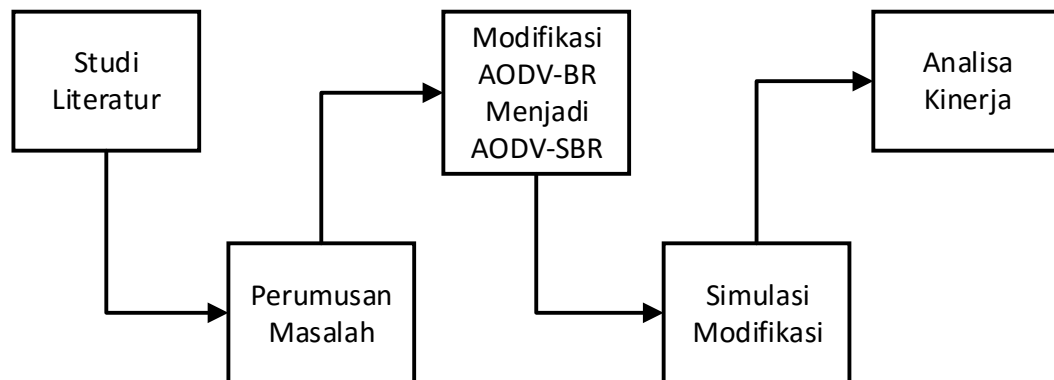
Perbedaan AODV-SBR dengan dua penelitian sebelumnya meliputi dua hal. Pertama, pemilihan jalur utama dengan nilai stabilitas tertinggi dilakukan oleh node tujuan AODV-SBR. Dengan demikian maka AODV-SBR hanya akan melakukan satu RREP dalam setiap kali proses RREQ tidak seperti yang terjadi pada AOMDV dimana RREP akan terus dilakukan. Yang kedua adalah pemanfaatan node-node terdekat sebagai node backup yang berfungsi sebagai penyambung konektivitas antara dua node utama yang sempat terputus karena bergerak saling menjauh. Selain itu node backup juga dapat berfungsi sebagai node pengganti apabila ada node pada jalur utama yang tiba-tiba mengalami drop.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk dapat meningkatkan kinerja *protocol routing* AODV-BR dengan menentukan jalur data yang dipilih adalah jalur yang memiliki keterhubungan antar *node* paling lama dari sumber ke tujuan. Agar tujuan penelitian ini dapat tercapai, maka disusunlah langkah-langkah yang lebih rinci sebagai berikut :



Gambar 3.1 Gambaran umum penelitian.

#### 3.1. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan paling awal dalam rangkaian keseluruhan proses penelitian yang akan dikerjakan, pada tahap ini dilakukan kajian terhadap beberapa literature mengenai *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET), *Ad-Hoc On-demand Distance Vector* (AODV) dan komponen-komponen lain seperti tantangan dan masalah-masalah umum pada perangkat *Routing Protocol* AODV dan keluarganya yang sebelumnya telah dikembangkan seperti AODV-BR.

Sehingga dari proses itulah nantinya akan didapat khazanah yang akan membawa pada fokus penelitian, perumusan masalah dan bahkan sampai pada penyelesaian masalah yang diangkat dalam penelitian ini.



### 3.2. Perumusan Masalah

Sampai saat ini AODV mempunyai dua mekanisme dalam bentuk *routing protocol* yaitu : pertama pembentukan jalur atau *route discovery* dengan menggunakan *Route Request* (RREQ) dan *Route Replay* (RREP) dan yang kedua adalah pemeliharaan jalur dengan menggunakan *Route Error* (RERR). Namun pada AODV tradisional pencarian rute hanya dititik beratkan pada jumlah hop terkecil. Peneliti melihat adanya kelemahan pada bagian ini, dimana bila pemilihan rute hanya mengacu pada jalur dengan jumlah hop terkecil, maka rute yang terpilih memiliki kemungkinan cukup besar untuk kembali terputus dikarenakan mobilitas pada node. Kelemahan kedua pada AODV tradisional dikarenakan tidak ada jalur alternatif yang disediakan sehingga bila jalur utama mengalami kerusakan, maka tidak ada jalur lain yang dapat digunakan sebagai cadangan untuk meneruskan paket data yang sedang dikirim oleh *node* sumber ke *node* tujuan.

*Link Expiration Time* (LET) merupakan sebuah mekanisme tertentu yang memungkinkan penanganan masalah seperti yang telah dipaparkan pada paragraf sebelumnya. Algoritma LET diperuntukan guna melakukan perhitungan untuk mengetahui selang waktu dua buah *node* akan terus saling terhubung atau dalam kata lain kapan batas waktu akhir dua buah *node* yang membentuk jalur lalu lintas data dapat terhubung, dengan cara menghitung arah dan kecepatan pergerakan sebuah *node*. Berdasarkan studi terhadap mekanisme yang ditawarkan Algoritma LET, maka sangat dimungkinkan penggunaan LET akan mampu memberikan kinerja yang optimal dalam memilih rute yang paling stabil untuk pengiriman data ditengah mobilitas node yang acak, dengan demikian permasalahan berupa besarnya kemungkinan terputusnya jalur utama yang telah terbentuk dapat diminimalkan.

AODV - Backup Routing (AODV-BR) memberikan solusi untuk permasalahan kedua berupa penyediaan jalur lain sebagai jalur alternatif dengan mekanisme *backup routing*, sehingga apabila terdapat kerusakan pada jalur utama, maka masih terdapat jalur lain yang dapat digunakan sebagai jalur alternatif untuk meneruskan paket data yang dikirimkan.

### 3.3. Perhitungan Stabilitas Node Menggunakan *Link Expiration Time*

Kemampuan berupa pengetahuan mengenai kecepatan, arah dan jarak transmisi sebuah *node* dapat digunakan untuk mengetahui selang waktu antara dua *node* saling terhubung. Sehingga dapat diketahui jalur-jalur mana saja yang paling stabil karena memiliki *node-node* dengan rentan waktu untuk terus saling terhubung lebih lama. Proses untuk mengetahui itu semua dapat dilakukan dengan *Link Expiration Time* (LET) yang merupakan algoritma untuk menghitung seberapa lama dua *node* akan terus saling terhubung.

Sebagai contoh apa bila ada dua *node*  $i$  dan  $j$  berada dalam satu *range* transmisi  $r$ , maka nilai LET antara *node*  $i$  dan  $j$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$LET_{ij} = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ab - bc)^2}}{a^2 + c^2} \quad (3.1)$$

Dimana  $LET_{ij}$  adalah LET di antara *node*  $i$  dan  $j$ ,  $a$  adalah kecepatan relatif *node*  $i$  dan  $j$  pada arah *horizontal*,  $b$  adalah jarak antara *node*  $i$  dan *node*  $j$  pada arah *horizontal*,  $c$  merupakan kecepatan relatif *node*  $i$  dan *node*  $j$  pada arah *vertical*, sedangkan  $d$  adalah jarak antara *node*  $i$  dan *node*  $j$  pada arah *vertical*, dan  $r$  adalah radius transmisi. Maka untuk menghitung  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  digunakan beberapa persamaan yang saling terhubung dari 3.2 sampai pada persamaan 3.5.

$$a = v_i \cos \theta_i - v_j \cos \theta_j \quad (3.2)$$

$$b = x_i - x_j \quad (3.3)$$

$$c = v_i \sin \theta_i - v_j \sin \theta_j \quad (3.4)$$

$$d = y_i - y_j \quad (3.5)$$

$v_i$  adalah kecepatan *node*  $i$ ,  $v_j$  adalah kecepatan *node*  $j$ ,  $\theta_i$  adalah sudut arah pergerakan *node*  $i$  dan  $\theta_j$  adalah sudut arah pergerakan *node*  $j$  ( $0 \geq \theta_i$ ,  $\theta_j \leq 2\pi$ ),  $(x_i, y_i)$  adalah posisi *node*  $i$ ,  $(x_j, y_j)$  merupakan posisi *node*  $j$ . ilustrasi dari persamaan 3.1 sampai 3.5 dapat dilihat pada gambar 3.2. Arah

pergerakan *node* dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\tan \theta = \frac{y'-y}{x'-x} \quad (3.6)$$

### 3.4. Perhitungan Stabilitas Rute Menggunakan *Path Expiration Time* (PET)

Tahapan-tahapan berikut ini merupakan alur penentuan rute yang paling stabil oleh AOMDV-SBR. Jangka waktu maksimum sebuah rute dapat terhubung dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.7. Nilai PET tersebut diperoleh dari nilai minimum tertinggi beberapa LET yang membentuk sebuah jalur.

$$PET = \text{Min}_{n=1}^k (LET_n) \quad (3.7)$$

Dimana :

$k$  = jumlah *link* pada suatu rute.

$n$  = nomor urut *link*.

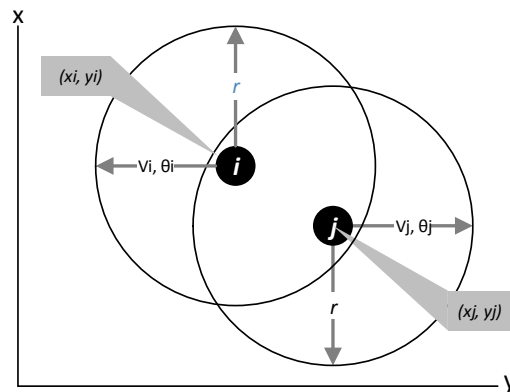
Apabila beberapa rute yang terbentuk selama *route discovery* telah mencapai *node* tujuan, maka *node* tujuan akan melakukan RREP berdasarkan pada nilai PET terbesar. Proses pemilihan tersebut dapat dilakukan dengan persamaan 3.8 berikut :

$$\text{Max } PET = \text{Max}_{h=1}^m (PET_h) \quad (3.8)$$

Dimana :

$k$  = nomor urut *path* (rute).

$n$  = jumlah *path* yang terbentuk.



Gambar 3.2 Ilustrasi posisi *node* berdasar persamaan 3.1 sampai 3.5

### 3.5. Routing Discovery pada AODV-BR

Saat sebuah paket data akan dikirim ke tujuan tertentu, maka *node* sumber akan melakukan pemeriksaan pada tabel routing yang dimilikinya. Bila rute yang dimaksud tidak ditemukan maka babak baru pencarian rute akan dilakukan untuk menemukan sebuah rute terbaik yang akan dilalui paket dari sumber ke tujuan. Namun karena AODV-BR merupakan protokol routing yang diusulkan untuk mampu menyediakan jalur alternatif pada AODV konvensional, maka sebelum *Route Request* (RREQ) dilakukan ada sebuah kondisi yang harus dimodifikasi, yaitu kondisi dimana *node* dapat melakukan backup RREP dengan cara *hearing* saat proses RREQ terjadi. *Hearing* pada *node* merupakan kemampuan *node* untuk menangkap informasi pesan pada trafik pengiriman data yang terjadi dalam cakupan area propagasinya (*promiscuous mode*), dalam hal ini menangkap informasi *Route Replay* (RREP) sebagai backup. *Node-node* tetangga yang menangkap informasi RREP secara otomatis akan berfungsi sebagai *node* backup pada jalur utama. Setelah kondisi yang diharapkan tercipta, barulah proses pencarian rute dilakukan, dengan mula-mula *node* sumber akan mengirimkan RREQ pada setiap *intermediate node* yang berada dalam cakupan area-nya. *Node intermediate* yang telah menerima RREQ selanjutnya akan memeriksa apakah dia merupakan tujuan, bila merupakan *node* tujuan maka konfirmasi berupa RREP dilakukan, namun bila bukan merupakan tujuan dia akan memeriksa apakah punya rute ke tujuan, bila memiliki rute ke tujuan maka RREP dilakukan untuk memulai pengiriman data, namun bila tidak ada rute ke tujuan RREQ akan diteruskan ke *node-node* berikutnya hingga ditemukannya *node* yang merupakan tujuan. Setelah ditemukan, maka *node* tujuan tersebut akan melakukan RREP terhadap RREQ berdasarkan minimal *hop* melalui jalur RREQ yang telah terbentuk sebelumnya dan kemudian melakukan pengiriman paket data.

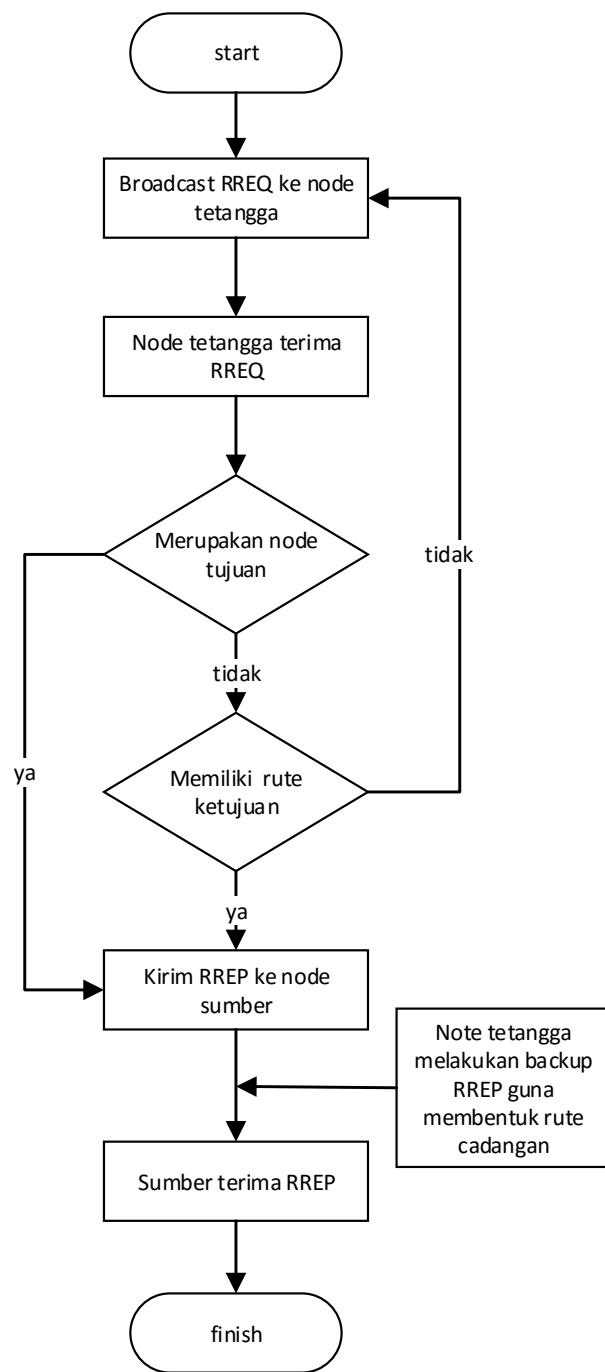
Dalam penelitian yang akan dilakukan ini, *route discovery* atau pembentukan jalur utama akan dilakukan dengan memastikan bahwa *node* yang menjadi rute utama merupakan jalur dengan nilai *Path Expiration Time* (PET) paling tinggi, hal itu dilakukan dengan cara menambahkan mekanisme *Link Expiration Times* yang merupakan Algoritma untuk memprediksi jangka waktu

dua buah node akan tetap saling terhubung. Sehingga nantinya jalur yang akan dipilih didasarkan pada node-node yang memiliki keterhubungan paling lama.

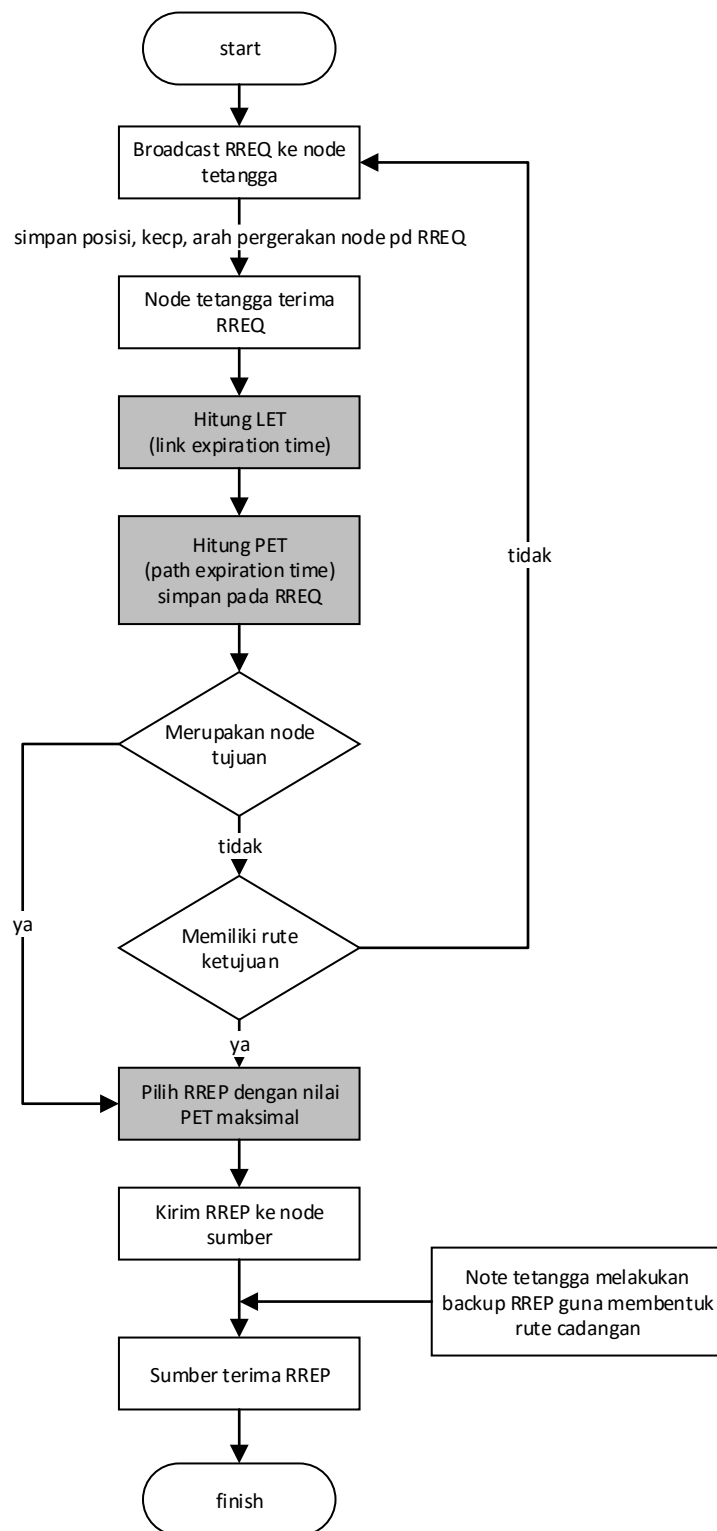
### 3.6. Proses Modifikasi AODV-SBR

Modifikasi AODV-BR menjadi *Adhoc On-demand Distance Vector – Stable Backup Routing* (AODV-SBR), dimana “*Stable*” disini merupakan representasi kemampuan tambahan berupa pemilihan jalur utama yang lebih stabil dan kemampuan kedua berupa jalur alternatif bila jalur utama terputus. Peningkatan kinerja AODV-BR menjadi AODV-SBR dilakukan dengan menambahkan mekanisme perhitungan yang dikenal sebagai Algoritma *Link Expiration Time* (LET). Algoritma LET difungsikan untuk meningkatkan kinerja AODV agar dapat memilih jalur yang lebih stabil guna pengiriman data ke tujuan dengan mengacu pada prediksi seberapa lama hubungan dua node dalam jalur tersebut terjalin. Proses modifikasi dilakukan dengan menambahkan parameter perhitungan LET pada pesan RREQ berupa posisi *node*, arah pergerakan node dan kecepatan pergerakan *node*. Berdasarkan perhitungan tersebut maka akan diketahui seberapa lama dua buah node berada dalam satu cakupan area yang sama. Proses *route discovery* yang diusulkan berupa penambahan mekanisme LET dapat dilihat pada gambar 3.4, komponen *flowchart* yang diberi warna lebih gelap merupakan mekanisme baru yang ditambahkan pada AODV-BR untuk terciptanya AODV-SBR.

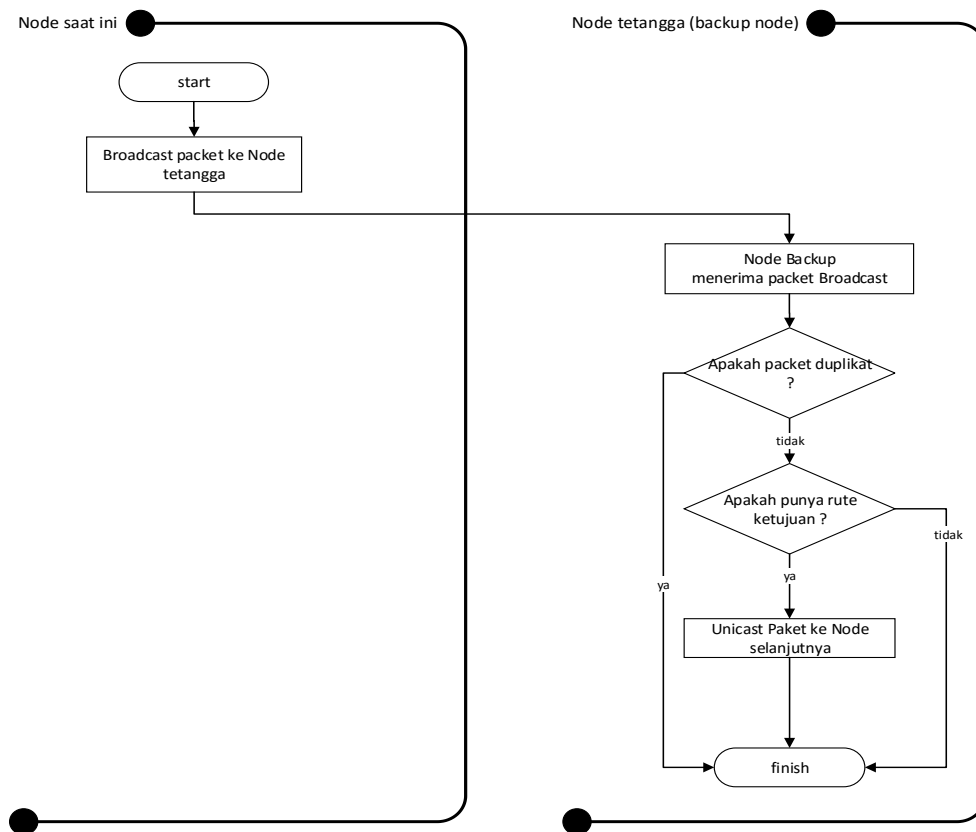
Gambar berikut merupakan perbandingan antara AODV-BR dan AODV-SBR.



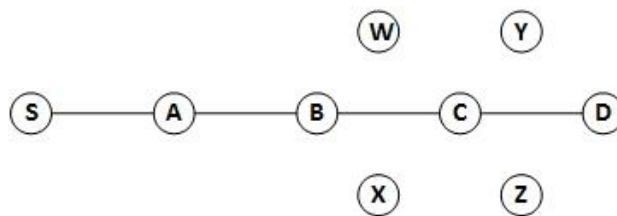
Gambar 3.3 *Flowchart* pada routing AODV.



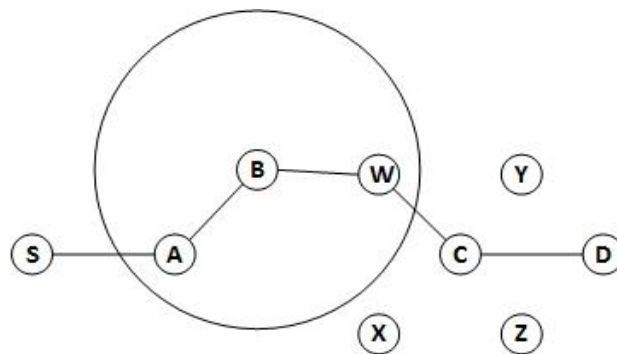
Gambar 3.4 Flowchart AODV-SBR.



Gambar 3.5. Flowchart penggunaan node Backup pada AODV-SBR



Gambar 3.6. Node B pada posisi awal, sebelum koneksi terputus dengan node C



Gambar 3.7. Node B pada posisi sesaat setelah terputus dengan node C



### 3.7. Proseses Penggunaan Node Backup

Node backup akan digunakan untuk menggantikan atau menghubungkan dua buah node pada jalur utama yang tidak lagi terkoneksi antara satu dengan yang lainnya dikarenakan mobilitas node keluar dari jangkauan node lainnya yang berada pada jalur pengiriman data.

Sesuai dengan ilustrasi pada gambar 3.5 dan 3.6. Node A, B, dan C mula-mula berada dalam satu rute dari node S (source) sumber sampai pada node D (*destination*) atau tujuan. Node W, Y, X, dan node Z merupakan node backup.

Beberapa saat kemudian node B mendeteksi terputusnya link menuju node C yang ditandai dengan gagalnya paket dari node B ke node C. Kegagalan terjadi dikarenakan node B bergerak menjauh hingga keluar dari jangkauan node C.

Setelah mengetahui link terputus, maka node B melakukan broadcast 1 lompatan ke node yang berada dalam jangkauannya. Seperti pada gambar di atas, broadcast dapat diterima oleh node A dan node W. Node A akan melakukan drop paket karena telah menerima paket sebelumnya guna menghindari terjadinya duplikasi dengan cara memeriksa header paket. Sedangkan node W akan menerima paket dan langsung mengirimkannya secara unicast ke node C. Node W dapat langsung mengirim paket ke node C karena node W sebelumnya telah melakukan backup RREP pada node B dan C yang membentuk jalur utama.

Jalur utama kembali dapat dilalui oleh paket data dengan komposisi node dari sumber (S) ke tujuan (D) adalah node A, B, W, dan node C.

### 3.8. Simulasi Protokol Hasil Modifikasi

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan simulator yaitu *network simulator 2* (NS2) dan berjalan pada sistem operasi linux ubuntu 12.04, simulasi ini menggunakan parameter sebagai berikut.

- Simulasi dilakukan dengan menggunakan jumlah *node* antara 50 - 150 *node*

- Luas area percobaan 1000m x 1000m
- Kecepatan *node* 0 - 20 m/s
- Traffic load CBR traffic generator
- Model Mobilitas RandomWaypoint
- MAC *layer* : IEEE 802.11

Setiap simulasi berjalan selama 100 detik untuk setiap jumlah *node* di atas. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antara AODV dan AODV-SBR.

### 3.9. Analisa Kinerja

Setiap hasil uji coba simulasi yang didapatkan akan dianalisa dengan menggunakan script AWK, serta akan dilakukan perbandingan kinerja dari setiap protokol yang diuji, hasil uji coba yang dilakukan meliputi *number of packet drop*, *packet delivery ratio* (PDR), *throughput* dan *end-to-end delay*.

#### a. Packet Delivery Ratio (PDR)

*Packet delivery ratio* merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh *node* penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu. Atau bisa juga dihitung dengan cara mengurangi jumlah paket keseluruhan yang dikirim dengan paket yang *loss* atau hilang.

#### b. End-to-End Delay (E2E Delay)

Nilai *end-to-end delay* adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket ketika pengiriman paket dari *source* ke *destination*. Satuan yang digunakan adalah *second* (s). Semakin kecil nilai *end-to-end delay*, maka semakin bagus kinerja dari protokol tersebut.

#### c. Throughput

*Throughput* adalah laju rata-rata paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* adalah jumlah paket data yang

diterima setiap detik. Satuan yang digunakan adalah *kilo-bit-per-second* (kbps). Semakin besar nilai *throughput* mengindikasikan semakin baik kinerja jaringan.

*d. Routing Overhead (RO)*

*Routing overhead* merupakan perbandingan antara total jumlah paket routing yang dikirim dengan total jumlah paket data yang diterima dalam persen. Semakin kecil nilai *routing overhead* suatu protokol routing, maka semakin efisien kinerja protokol routing tersebut, dalam hal ini terkait stabilitas jalur pengiriman data.

*e. Hop Count (HC)*

*Hop Count* merupakan jumlah lompatan atau link antara satu node dengan yang lainnya dalam membentuk sebuah jalur pengiriman data. Dalam penelitian ini HC dimasukkan sebagai salah satu unsur yang dianalisa guna membuktikan keterlibatan algoritma *link expiration time* dalam pencarian rute.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dibahas mengenai uji coba routing protokol AODV-BR yang belum dan yang telah dimodifikasi dalam melakukan pembentukan jalur utama terkait masalah yang telah dirumuskan pada bab sebelumnya yaitu potensi pemutusan jalur utama disebabkan mobilitas node MANET yang senantiasa acak. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui kinerja protokol routing sebelum dan setelah dilakukan modifikasi. Pembahasan meliputi lingkungan uji coba, skenario uji coba, implementasi, hasil uji coba, dan analisa terhadap hasil uji coba.

#### 4.1. Lingkungan Uji Coba

Lingkungan uji coba meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan implementasi dan pengujian hasil modifikasi protokol routing AODV-BR menjadi AODV-SBR. Agar percobaan dapat dilakukan dengan baik, maka lingkungan uji coba disesuaikan dengan kebutuhan routing protokol AODV. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software (perangkat lunak) simulator yang telah banyak digunakan oleh para peneliti, yaitu *Network Simulator* atau NS-2 versi 2.35. dan *Vmware Workstation 12 Pro*. Sedangkan hardware (perangkat keras) yang digunakan adalah komputer berjenis *laptop* (komputer jinjing). Adapun detail spesifikasi perangkat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat yang Digunakan

| Spesifikasi          | Keterangan                             |
|----------------------|--|
| Processor            | Intel Core i5-4200U CPU 1.60 – 2.30GHz |
| Memory               | 4.00 GB                                |
| Sistem Operasi       | Windows 10 64 bit                      |
| - Vmware Workstation | 12 Pro                                 |

|                                   |                      |
|-----------------------------------|----------------------|
| - Sistem Operasi                  | Ubuntu 14.04, 64 bit |
| - <i>Network Simulator</i> (NS-2) | Versi 2.35           |
| - <i>Script Analisis</i>          | AWK                  |
| - <i>Grahp Analisis</i>           | Ms.Office Excel 2016 |

#### 4.2. Skenario Percobaan

Terdapat dua kelompok skenario utama yang masing-masing terdiri dari beberapa sub skenario yang keseluruhannya menjadi sepuluh skenario pengujian. Kelompok skenario pertama akan berfokus pada pengaruh jumlah node, sedangkan kelompok skenario kedua berfokus pada pengaruh kecepatan mobilitas node. Sebagai upaya untuk membuat lingkunga pengujian mendekati kondisi nyata, maka simulasi dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama dan diterapkan pada are cukup luas. Lama waktu pengujian dalam simulasi ini adalah 300 detik, sedangkan area yang digunakan dalam simulasi ini adalah  $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ . Penentuan luas area yang cukup luas dengan bentuk persegi empat diperuntukan agar nantinya dapat mengakomodir pergerakan node yang senantiasa acak, diikuti dengan penambahan jumlah node sampai pada batas jumlah tertentu sesuai dengan yang telah direncanakan.

Model propagasi radio yang digunakan adalah *Two Ray Ground*. Selain karena mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang menguji AODV, model ini juga mempertimbangkan dua aspek. Aspek pertama yaitu lintasan lurus antara *transmitter* node dengan *receiver* node dan pantulan permukaan bumi. Lintasan antara transmitter node dengan receiver node diasumsikan memenuhi kondisi line of sight, yang artinya tidak ada penghalang diantara node tujuan dengan node sumber. Model *Two Ray Ground* menggunakan rumus redaman daya sinyal sebagai  $1/d^2$  dimana d adalah jarak antara node pengirim dengan node penerima. Sehingga sesuai untuk simulasi yang memerlukan jangkauan transmitter yang jauh. Pada penelitian ini jangkauan transmisi adalah 250 meter.

Model komunikasi antara node menggunakan *Constant Bit Rate (CBR)*. CBR merupakan aplikasi yang berjalan di atas transport UDP. Prosesnya adalah node sumber akan mengirimkan trafik CBR dalam paket-paket data sebesar 512 bytes selama simulasi berlangsung. CBR diketahui sangat baik untuk melakukan uji stressing terhadap kemampuan *routing protocol* ketika melakukan proses *route discovery* dan *route maintenance*.

Pergerakan node pada setiap simulasi menggunakan model pergerakan *Random Way Point*. Random Way Point merupakan model sintetik yang biasa digunakan untuk mobilitas, misalnya pada jaring *Ad-Hoc*. Setiap node yang menggunakan model pergerakan ini akan bergerak secara zigzag dari satu titik ke arah titik yang lain atau *waypoint* secara merata pada area jaringan yang telah ditentukan luasnya (Hyyta, 2006). Node dengan pergerakan random waypoint ini akan memiliki kecepatan yang berbeda-beda ketika melakukan mobilitas dari satu titik ke titik yang lain, kecepatan minimum dan maksimum pergerakan sebuah node ditentukan saat melakukan proses generate mobilitas.

Seperti yang telah dijelaskan pada beberapa paragraf dalam sub bagian ini, maka secara singkat dapat kita lihat pada tabel penentuan parameter berikut.

Tabel 4.2 Parameter Simulasi.

| Parameter                            | Nilai Parameter            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Ukuran Are Jaringan                  | 1000 x 1000 m <sup>2</sup> |
| Jumlah Node                          | 50 – 150 node              |
| Kecepatan Pergerakan                 | ~1 – 20 m/s                |
| Lama Waktu Simulasi                  | 300 second                 |
| Ukuran Paket                         | 512 byte                   |
| Lapisan MAC                          | IEEE 802.11b               |
| Propagasi Radio                      | Two Ray Ground             |
| Pola Trafik                          | Constant Bit Rate (CBR)    |
| Model Pergerakan ( <i>mobility</i> ) | Random Waypoint            |



#### **4.2.1. Skenario Kelompok Pertama (Variasi *Maxspeed*)**

Skenario pada kelompok pertama ini akan dilakukan beberapa uji perbandingan performa kinerja terhadap protokol AODV-BR, baik sebelum di modifikasi maupun setelah dimodifikasi. Fokus pengujian pada skenario ini menitik beratkan pada parameter pengaruh kecepatan maksimal (*maxspeed*) node terhadap kinerja protokol routing. Keseluruhannya terdiri dari dua puluh lima buah variasi skenario, yang dikelompokkan kedalam lima kelompok pengujian berdasarkan jumlah node. Node dikelompokkan menjadi lima bagian untuk mengetahui konsistensi hasil pengujian. Setiap kelompok node nantinya akan divariasi dengan *maxspeed*, diawali dengan kecepatan maksimal 1m/s, kemudian di ikuti berturut-turut 5m/s, 10m/s, 15m/s, dan sampai pada yang kelima adalah 20m/s. Penetapan variasi kecepatan node dikisaran 1 sampai 20m/s mengacu pada standar rata-rata pergerakan benda darat.

#### **4.2.2. Skenario Kelompok Kedua (Variasi Jumlah Node)**

Sepertihalnya pada skenario pertama, dalam skenario kelompok kedua juga akan dilakukan pengujian yang melibatkan dua puluh lima variasi skenario. Perbedaan utama pada skenario ini adalah, fokus pengujian yang dititik beratkan pada variasi peningkatan jumlah node terhadap *maxspeed*. Jumlah node akan ditingkatkan mulai dengan jumlah node 50, 75, 100, 125 dan jumlah node 150. Sama halnya dengan skenario pertama, dalam rangka untuk mengetahui konsistensi hasil dari pengujian maka uji dilakukan pada 5 tingkatan laju pergerakan node yang berbeda. Penentuan tingkatan jumlah node kedalam lima bagian mengacu pada keumuman penelitian sebelumnya.

### **4.3. Format *File Trace***

Setelah semua skenario telah siap, langkah selanjutnya adalah menjalankan skenario pada simulator, nantinya setiap simulasi yang dilakukan akan menghasilkan *trace files* dengan ekstensi .tr. *trace file* ini berisi informasi-informasi yang diperlukan untuk melakukan analisa kinerja routing protokol. Selain *trace file*, simulasi NS2 juga menghasilkan *file* dengan ekstensi .nam. NAM merupakan

singkatan dari Network Animator, fungsi *file.nam* adalah untuk memberikat tampilan visualisasi berupa animasi saat simulasi dilakukan.

*Trace file* yang dihasilkan oleh NS-2 dapat berupa *old trace file*, maupun *new trace file* (NS-2, 2010), pemilihan format *trace file* tersebut dapat ditentukan pada penulisan *file* TCL yang akan digunakan untuk menjalankan NS-2, apakah ingin menggunakan format old ataupun format new. dalam penelitian ini digunakan jenis *trace file* yang baru karena formatnya memberikan informasi yang lebih detail dibandingkan dengan *trace file* yang lama.

Setiap baris fail *trace*, selalu diawali dengan salah satu dari empat event ini, yaitu receive (r), send (s), drop (d), dan fordward (f) (NS2, 2010). Kemudian diikuti dengan sepasang flag dan nilainya. Huruf pertama pada flag menunjukkan tipe flag, yaitu :

- t : waktu event
- N : informasi node
- H : informasi hop berikutnya
- M : informasi paket ditingkat MAC
- I : informasi paket ditingkat IP
- P : informasi spesifik paket

Berikut adalah detil hasil *trace file* baru pada NS-2, hasil ini menggambarkan hasil simulasi protokol routing yang disimulasikan. Tabel 4.3 menunjukkan detail informasi *trace file* dalam format baru.

Tabel 4.3. Informasi pada *Trace File*

| <i>Event</i>       | <i>Flag</i> | <i>Type</i>   | <i>Value</i> |
|--------------------|-------------|---------------|--------------|
| s : <i>send</i>    | -t          | <i>double</i> |              |
| r : <i>receive</i> | -Ni         | <i>int</i>    |              |
| d : <i>drop</i>    | -Nx         | <i>double</i> |              |
| f : <i>forward</i> | -Ny         | <i>double</i> |              |
|                    | -Nz         | <i>double</i> |              |
|                    | -Ne         | <i>double</i> |              |

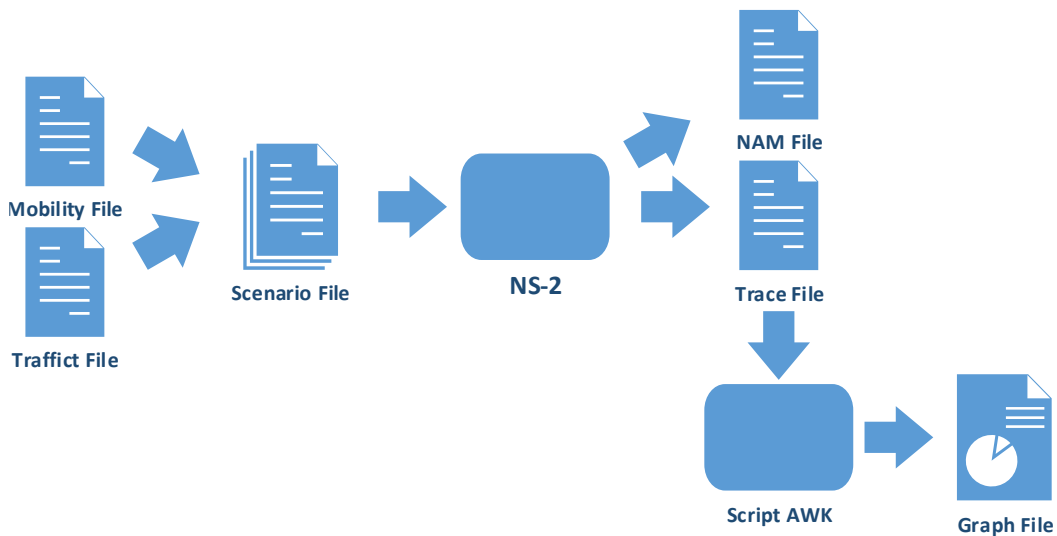
|  |     |                    |  |
|--|-----|--------------------|--|
|  | -Nl | <i>string</i>      |  |
|  | -Nw | <i>string</i>      |  |
|  | -Hs | <i>int</i>         |  |
|  | -Hd | <i>int</i>         |  |
|  | -Ma | <i>hexadecimal</i> |  |
|  | -Ms | <i>hexadecimal</i> |  |
|  | -Md | <i>hexadecimal</i> |  |
|  | -Mt | <i>hexadecimal</i> |  |
|  | -P  | <i>string</i>      |  |
|  | -Pn | <i>string</i>      |  |

#### 4.4. Implementasi dan Uji Coba

Pada penelitian ini, simulasi dijalankan dengan menggunakan network simulator versi 2.35 (NS-2). Mekanisme yang dilakukan saat menjalankan simulasi dapat dilihat pada gambar 4.. dibawah ini. Langkah pertama adalah NS-2 menerima masukan berupa format *file* skenario mobility dan traffic yang telah ditentukan sebelumnya. Skenario *file* yang inputkan pada NS-2 masing masing akan digenerate oleh aplikasi setdest untuk mobilitinya dan cbrgen untuk traffiknya. Langkah tersebut diatas akan menghasilkan duabua *file*, yitu *file* mobility dan *file* traffic, *file* inilah yang nantinya akan disimulasikan. Langkah selanjutnya adalah pembuatan *file* induk.tcl yang berisi konfigurasi-konfigurasi tertentu sesuai dengan skenario yang telah ditentukan, *file* ini jugalah yang akan memanggil skenario mobility dan traffic untuk dijalankan. Dari hasil simulasi yang pada NS-2, maka akan dihasilkan dua buah *file*, yaitu *trace file* dan NAM *file* seperti yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya. Informasi yang ada pada *trace file* kemudian akan dianalisa menggunakan script AWK, untuk mendapatkan data berupa nilai-nilai yang menginformasikan performa dari protokol yang diujikan. Selanjutnya data berupa nilai-nilai yang dihasilkan oleh cript AWK akan ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan menggunakan software microsoft office excel.

Posisi penempatan dan pergerakan untuk setiap node dalam penelitian ini menggunakan model pergerakan Random Waypoint yang dapat menangani node

dalam jumlah yang cukup besar. Seperti telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, dimana proses generate posisi dan pergerakan node dilakukan pada aplikasi setdest yang ada pada NS-2. Sedangkan pola trafik pengiriman data pada setiap node ditangani oleh script cbrgen yang juga telah tersedia dalam program NS-2. Secara umum proses simulasi dari pembuatan skenario sampai pada tahap analisa hasil bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Alur proses simulasi

#### 4.5. Hasil Ujicoba dan Analisa

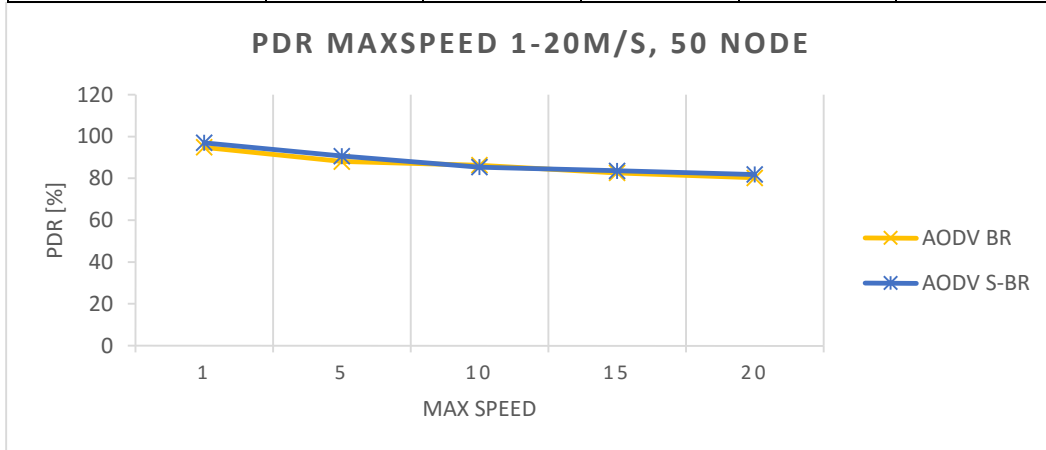
Pada bagian sub bab ini akan memaparkan hasil uji implementasi yang telah dilakukan menggunakan simulator NS-2, pengujian dilakukan terhadap protokol routing AODV-BR dan yang telah dimodifikasi yaitu AODV-SBR, dengan menggunakan berbagai skenario pengujian sebagaimana telah dipaparkan pada bagian sebelumnya. Hasil simulasi kemudian klasifikasi menggunakan script AWK untuk mendapatkan nilai dari metrik analisa yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu *Average Consumed Power*, *Packet Delivery Ratio*, *End-to-End Delay*, *routing Overhead*, dan *Throughput*. Selanjutnya, data yang telah diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk dapat dianalisa. Analisa hasil uji didasarkan pada dua

sudut pandang, yaitu dari sisi pengaruh *maxspeed* dan dari sisi pengaruh jumlah node.

#### 4.5.1. Tabel dan Grafik Packet Delivery Ratio (PDR)

Tabel 4.4 dan Grafik 4.2 Nilai PDR *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat jumlah node 50.

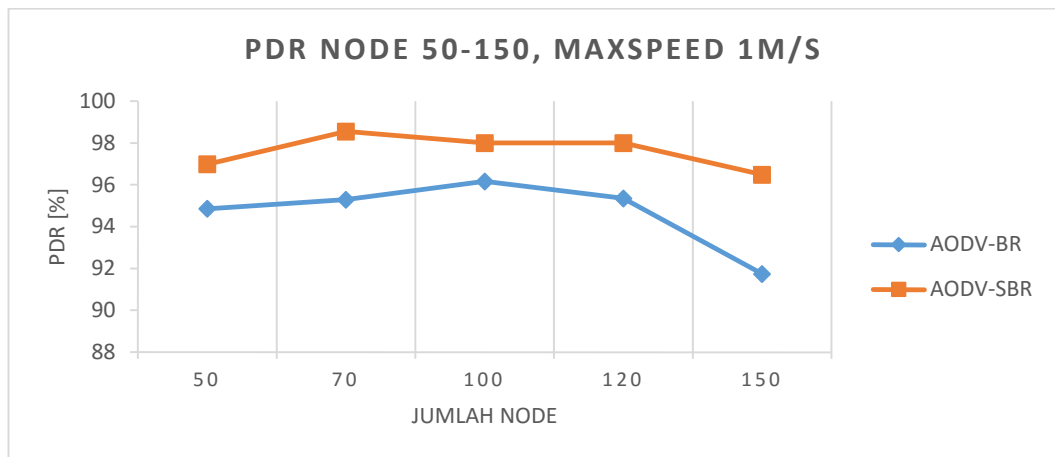
| Jumlah Node    | 50 Node  |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 94.85442 | 88.01126 | 86.27332 | 82.61886 | 80.23192 |
| AODV-SBR       | 96.9836  | 90.63168 | 85.34238 | 83.6232  | 81.82454 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.49% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.5 dan Grafik 4.3 Nilai PDR Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 1m/s.

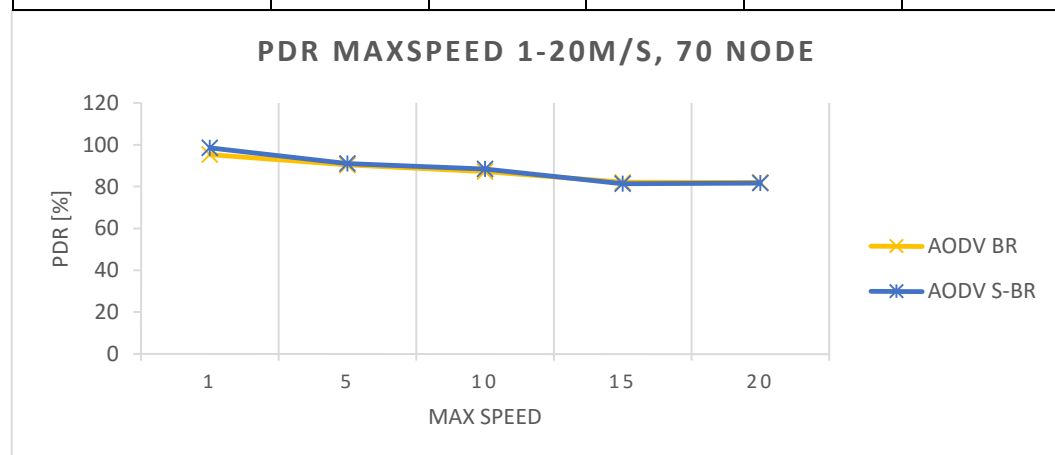
| Kecepatan Node | 1m/s     |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 94.85442 | 95.29092 | 96.15946 | 95.35334 | 91.73784 |
| AODV-SBR       | 96.9836  | 98.55042 | 97.99932 | 98.0013  | 96.48668 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 1m/s memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 3.09% terhadap protokol AODV-BR.

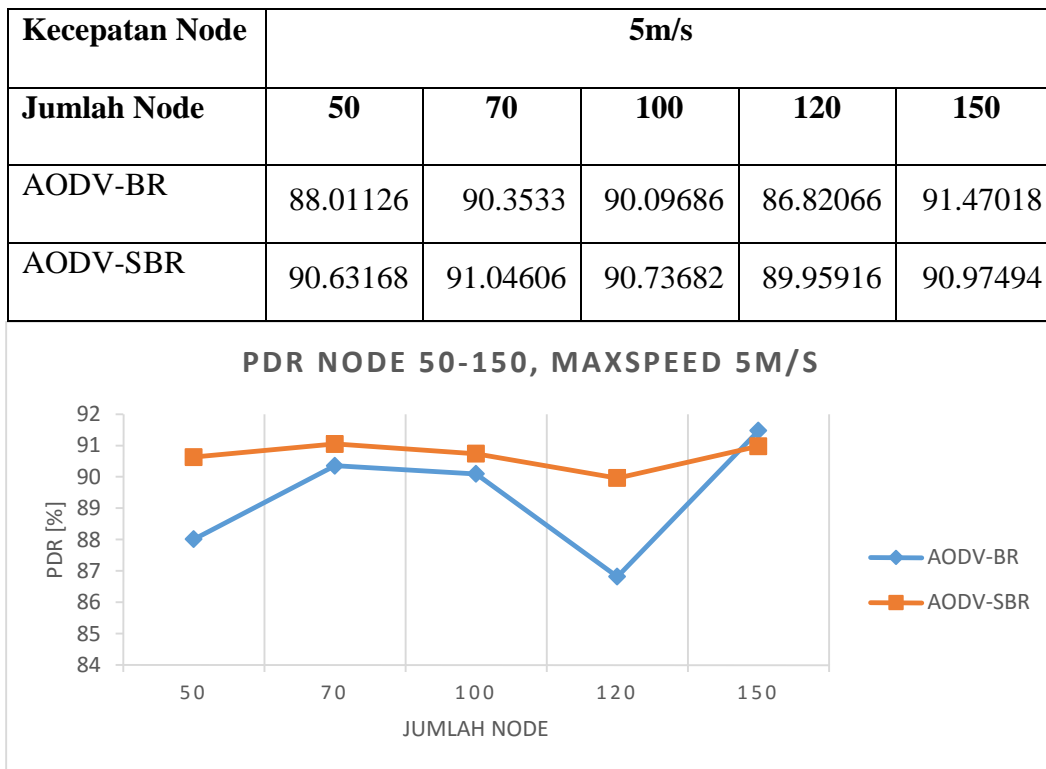
Tabel 4.6 dan Grafik 4.4 Nilai PDR *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat jumlah node 70.

| Jumlah Node    | 70 Node  |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 95.29092 | 90.3533  | 87.194   | 82.08832 | 82.0095  |
| AODV-SBR       | 98.55042 | 91.04606 | 88.39198 | 81.38804 | 81.71266 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 70 memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.95% terhadap protokol AODV-BR.

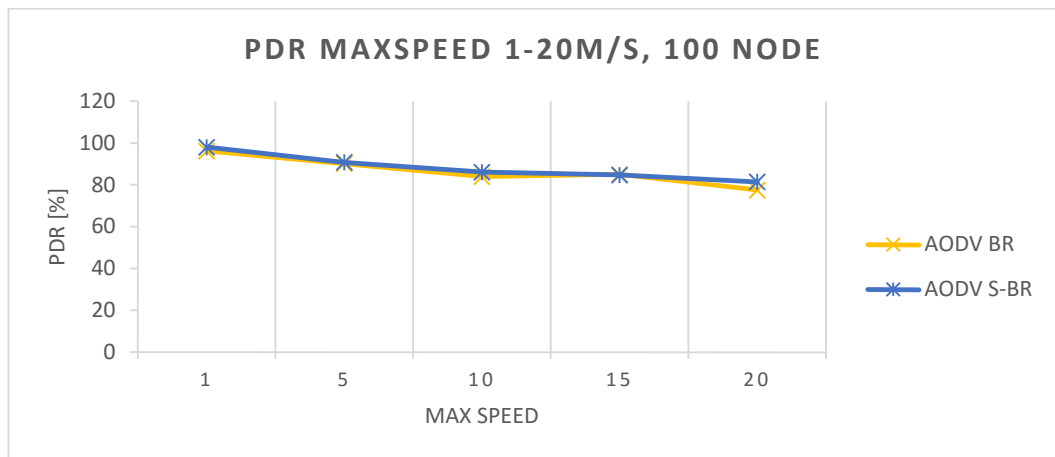
Tabel 4.7. dan Grafik 4.5 Nilai PDR Jumlah Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 5m/s.



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 5m/s memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.48% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.8 dan Grafik 4.6 Nilai PDR *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat jumlah node 100.

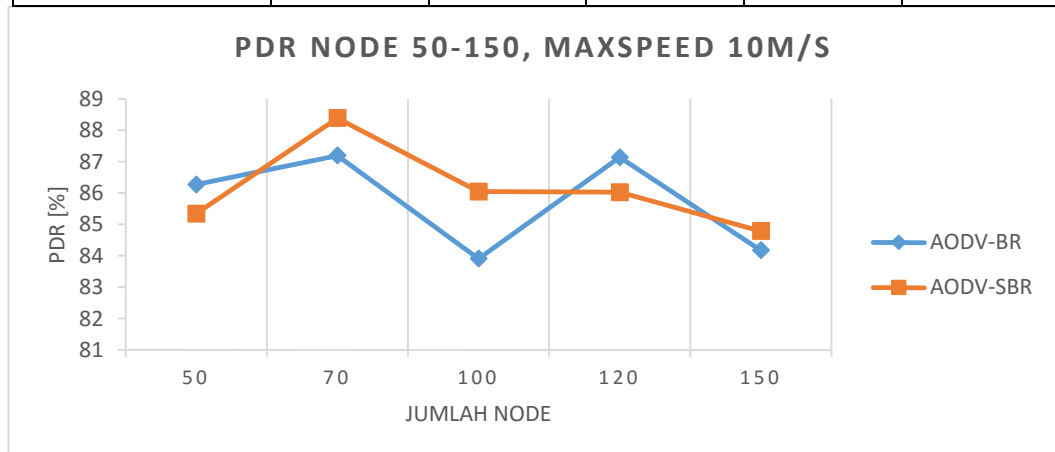
| Jumlah Node    | 100 Node |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 96.15946 | 90.09686 | 83.90934 | 84.97106 | 77.49636 |
| AODV-SBR       | 97.99932 | 90.73682 | 86.0482  | 84.70416 | 81.36688 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 100 memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.90% terhadap AODV-BR.

Tabel 4.9 dan Grafik 4.7 Nilai PDR Jumlah Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 10m/s.

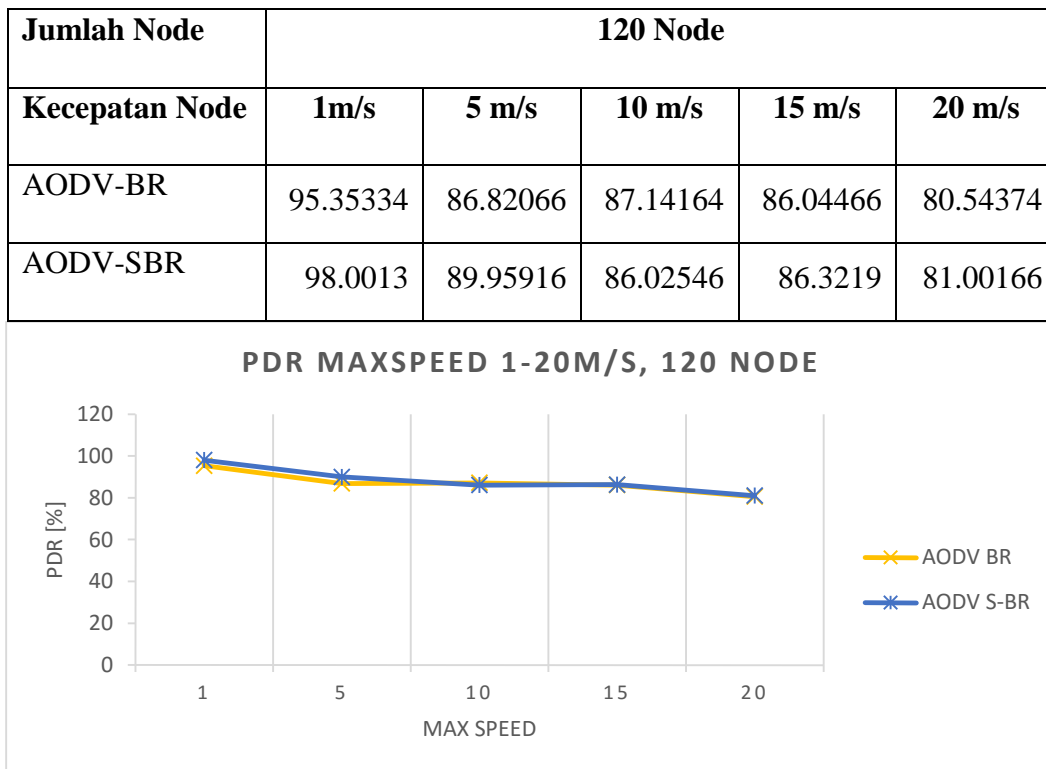
| Kecepatan Node | 10m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 86.27332 | 87.194   | 83.90934 | 87.14164 | 84.17724 |
| AODV-SBR       | 85.34238 | 88.39198 | 86.0482  | 86.02546 | 84.78642 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 10 m/s memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.44% terhadap protokol AODV-BR.



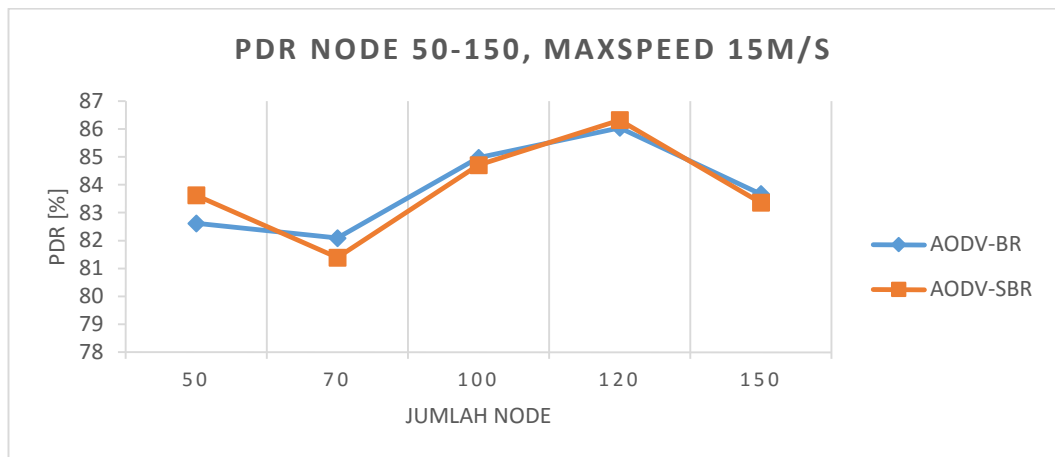
Tabel 4.10 dan Grafik 4.8 PDR *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat jumlah node 120.



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 120 memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.24% terhadap AODV-BR.

Tabel 4.11 dan Grafik 4.9 Nilai PDR Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 15m/s.

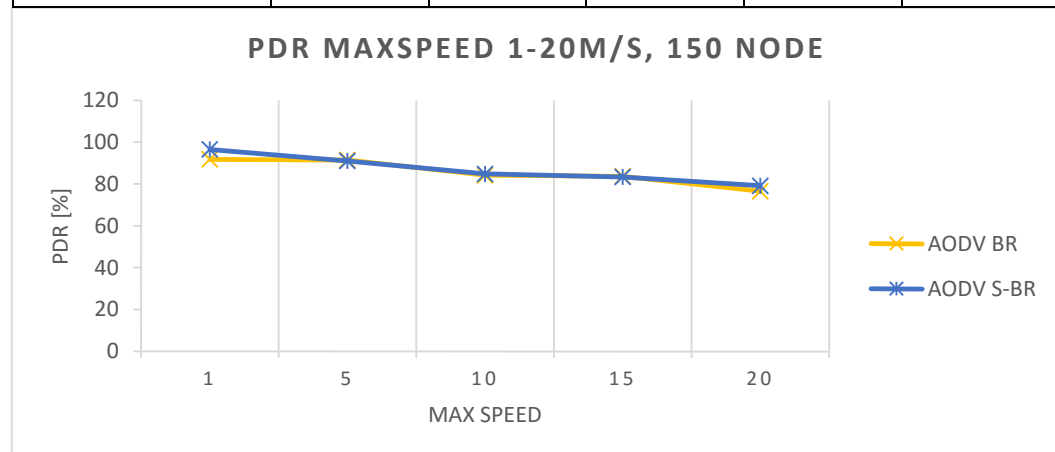
| Kecepatan Node | 15m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 82.61886 | 82.08832 | 84.97106 | 86.04466 | 83.67004 |
| AODV-SBR       | 83.6232  | 81.38804 | 84.70416 | 86.3219  | 83.35792 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 15m/s memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.000544% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.12 dan Grafik 4.10 Nilai PDR *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat jumlah node 150.

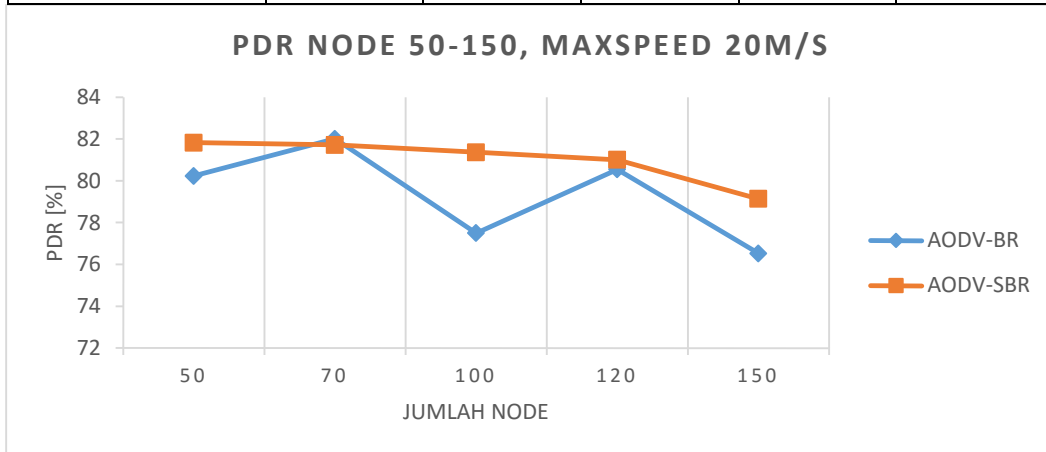
| Jumlah Node    | 150 Node |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 91.73784 | 91.47018 | 84.17724 | 83.67004 | 76.52346 |
| AODV-SBR       | 96.48668 | 90.97494 | 84.78642 | 83.35792 | 79.13434 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 150 memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.67% terhadap AODV-BR.

Tabel 4.13 dan Grafik 4.11 Nilai PDR Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 20m/s.

| Kecepatan Node | 20m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 80.23192 | 82.0095  | 77.49636 | 80.54374 | 76.52346 |
| AODV-SBR       | 81.82454 | 81.71266 | 81.36688 | 81.00166 | 79.13434 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 20m/s memperlihatkan nilai PDR protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 2.08% terhadap protokol AODV-BR.

#### 4.5.2. Analisa Nilai PDR

Pengaruh *maxspeed* pada pengujian ini memperlihatkan kecenderungan berupa penurunan nilai PDR dengan pola yang cukup konsisten, dimana nilai PDR semakin menurun seiring bertambahnya nilai *maxspeed*. Namun demikian, penambahan nilai *maxspeed* sebenarnya dapat memberikan dua dampak yang berbeda, yaitu penurunan nilai PDR seperti terlihat pada beberapa grafik diatas, atau bahkan justru meningkatkannya, seperti yang terjadi pada *maxspeed* 20 dikelompok node 70 dan pada *maxspeed* 15 dikelompok node 120. Kedua nilai *maxspeed* tersebut mencatatkan nilai PDR yang lebih tinggi dibandingkan nilai PDR pada *maxspeed* sebelumnya. Situasi demikian terjadi karena node yang awalnya dekat dapat segera menjauh seiring ditingkatkannya *maxspeed* yang berakibat pada

terputusnya jalur, sehingga diperlukan pergantian jalur. Seringnya pergantian jalur dapat meningkatkan *delay* atau bahkan dilakukan RRQ yang artinya packet telah di drop karena tidak ada jalur cadangan lain yang dapat digunakan lagi. Kejadian yang demikian berakibat pada penurunan PDR.

Disisi lain, karena node bergerak secara random pada lingkup area yang telah ditentukan, maka node yang tadinya berjauhan dapat kembali mendekat seiring meningkatnya *maxspeed*. Node yang bergerak mendekat berpotensi akan saling terhubung lebih lama sehingga jalur yang terbentuk juga memiliki keterhubungan yang relatif lebih lama, selain itu juga akan tersedia jalur cadangan yang relatif lebih banyak. Dengan demikian, potensi drop packet dan *delay* karena pergantian jalur yg berakibat pada penurunan PDR dapat berkurang.

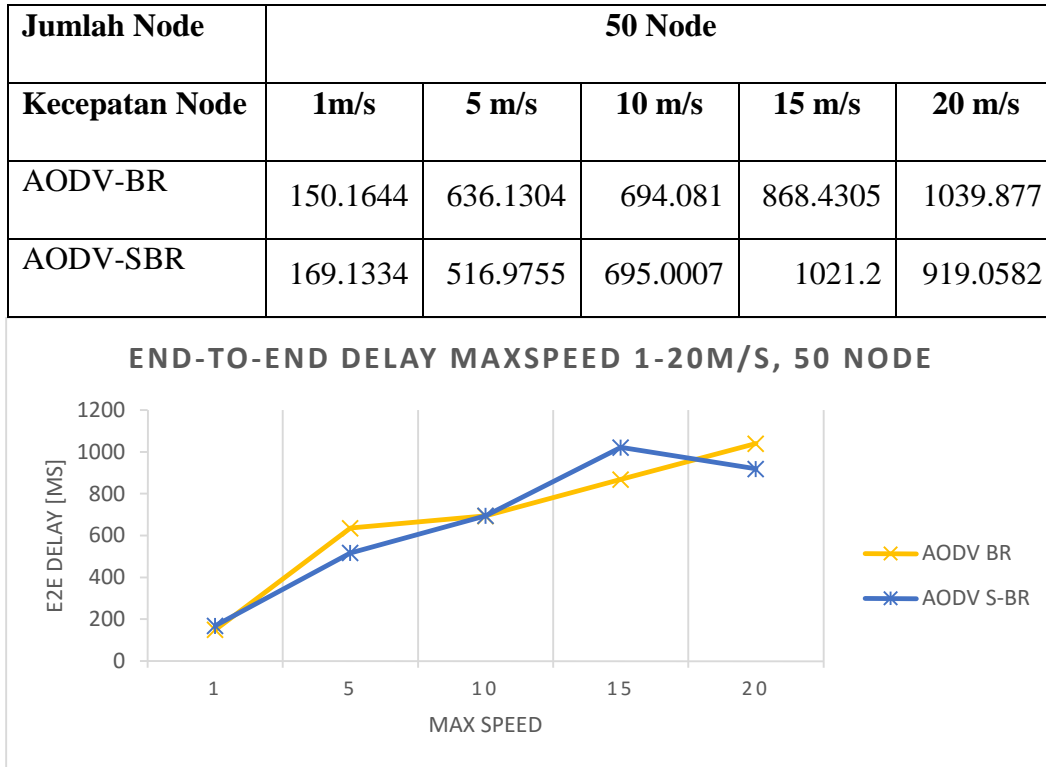
Dari hasil pengujian ini, juga diketahui bahwa variasi *maxspeed* mempengaruhi nilai PDR pada sisi jumlah node. Dimana terjadi penurunan nilai PDR seiring bertambahnya nilai *maxspeed*.

Hasil dengan pola yang tidak konsisten terlihat dari sisi pengaruh jumlah node, yaitu berupa fluktuatifitas nilai PDR. Perolehan hasil dengan pola yang demikian karena bertambahnya jumlah node dapat meningkatkan stabilitas konektivitas, berupa jalur dengan keterhubungan lebih lama dan juga mampu meningkatkan ketersediaan jalur cadangan sehingga nilai PDR dapat meningkat. Disisi lain, meningkatnya jumlah node juga dapat berdampak pada penurunan nilai PDR. Kondisi yang demikian terjadi karena node semakin padat sehingga jalur terpilih sangat berpotensi memiliki jumlah hop yang lebih banyak. Dampaknya, *delay* meningkat yang berakibat pada penurunan nilai PDR.

Dari seluruh skenario pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa protokol AODV-SBR mengalami peningkatan kinerja khususnya pada nilai rata-rata PDR, yaitu sebesar 1.45% terhadap nilai PDR pada protokol AODV-BR, baik dari sisi jumlah node maupun *maxspeed*.

#### 4.5.3. Tabel dan Grafik End-to-End Delay (E2E Delay)

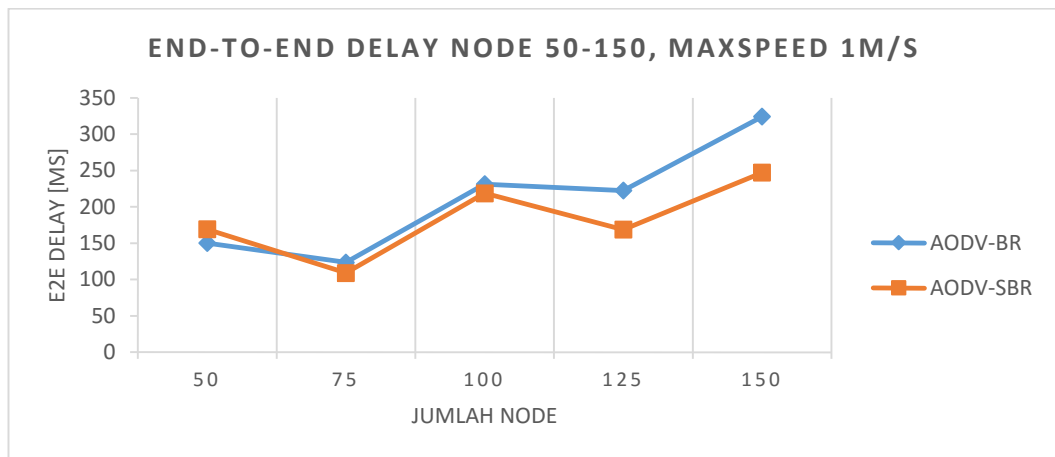
Tabel 4.24 dan Grafik 4.21 Nilai E2E Delay *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat node 50.



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 1.99 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.25 dan Grafik 4.22. Nilai E2E Delay Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 1m/s.

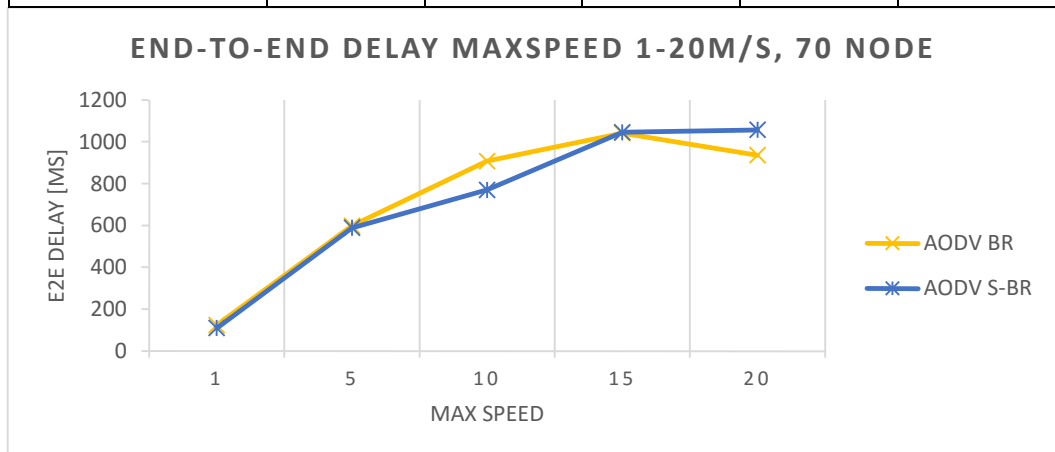
| Kecepatan Node | 1m/s     |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 150.1644 | 123.4738 | 231.1984 | 222.4286 | 324.267  |
| AODV-SBR       | 169.1334 | 108.8431 | 218.6874 | 168.7332 | 247.2099 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 1 m/s memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 13.21% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.26 dan Grafik 4.23. Nilai E2E Delay *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat node 70.

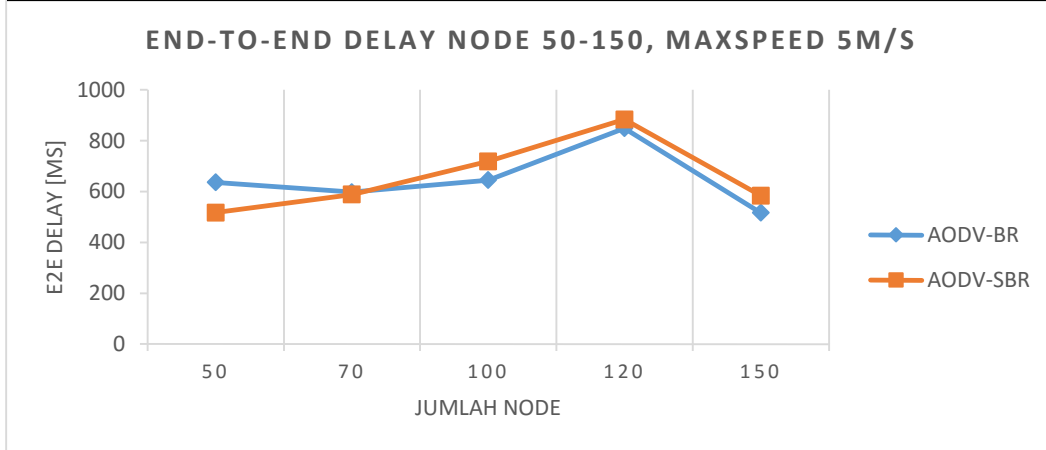
| Jumlah Node    | 70 Node  |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 123.4738 | 597.9959 | 907.7041 | 1041.145 | 935.5408 |
| AODV-SBR       | 108.8431 | 588.4195 | 769.6685 | 1044.886 | 1056.499 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 70 memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 1.04% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.27 dan Grafik 4.24. Nilai E2E Delay Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 5m/s.

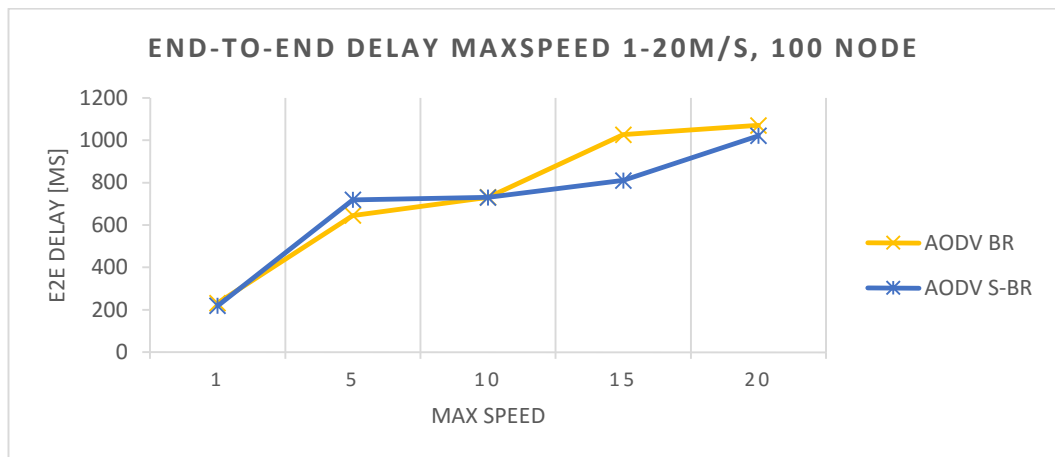
| Kecepatan Node | 5m/s     |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 636.1304 | 597.9959 | 644.9021 | 848.9043 | 516.6027 |
| AODV-SBR       | 516.9755 | 588.4195 | 718.6771 | 883.6942 | 583.6223 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 5 m/s memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.44% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.28 dan Grafik 4.25. Nilai E2E Delay *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat node 100.

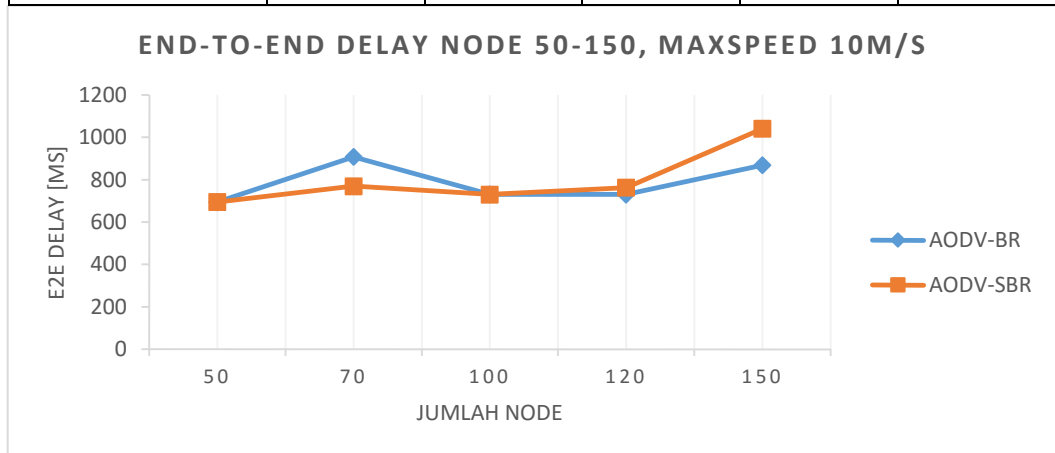
| Jumlah Node    | 100 Node |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 231.1984 | 644.9021 | 731.0219 | 1026.117 | 1069.988 |
| AODV-SBR       | 218.6874 | 718.6771 | 730.3686 | 810.0447 | 1020.883 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 100 memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 5.52% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.29 dan Grafik 4.26. Nilai E2E Delay Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 10m/s.

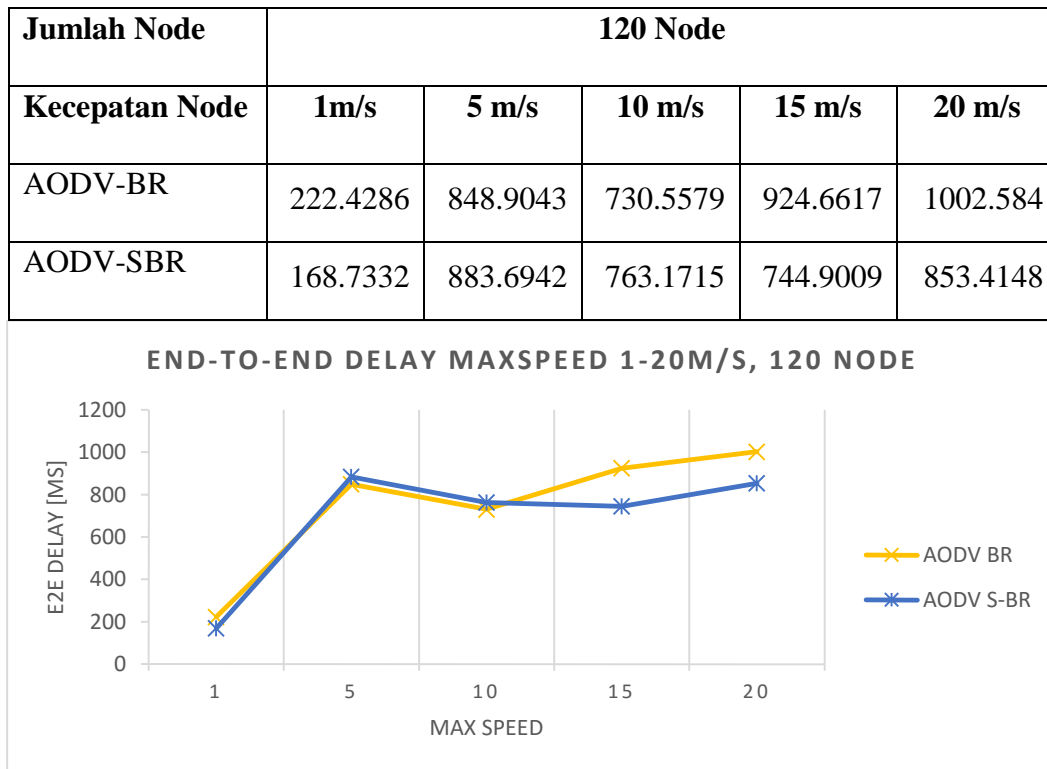
| Kecepatan Node | 10m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 694.081  | 907.7041 | 731.0219 | 730.5579 | 868.3826 |
| AODV-SBR       | 695.0007 | 769.6685 | 730.3686 | 763.1715 | 1040.954 |





Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 10 m/s memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.71% terhadap protokol AODV-BR.

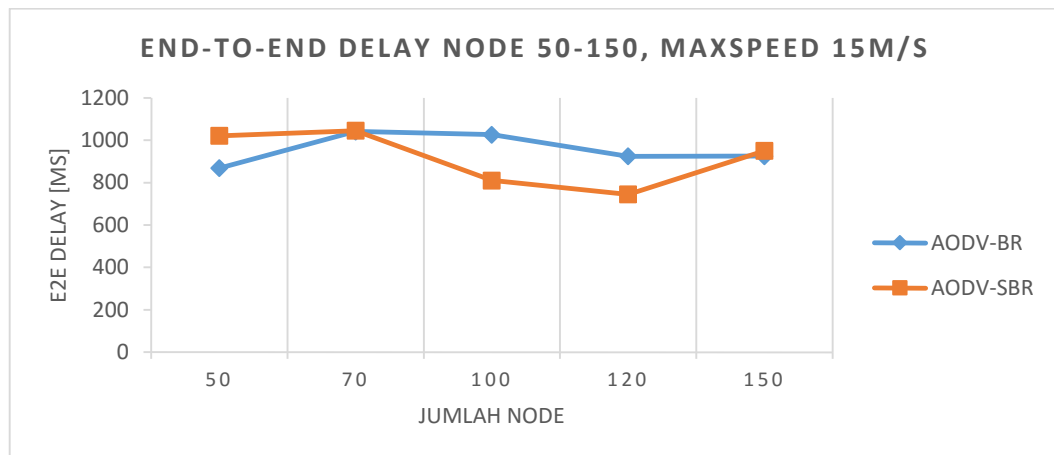
Tabel 4.30 dan Grafik 4.27. Nilai E2E Delay *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat node 120.



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 120 memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 8.45% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.31 dan Grafik 4.28. Nilai E2E Delay Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 15m/s.

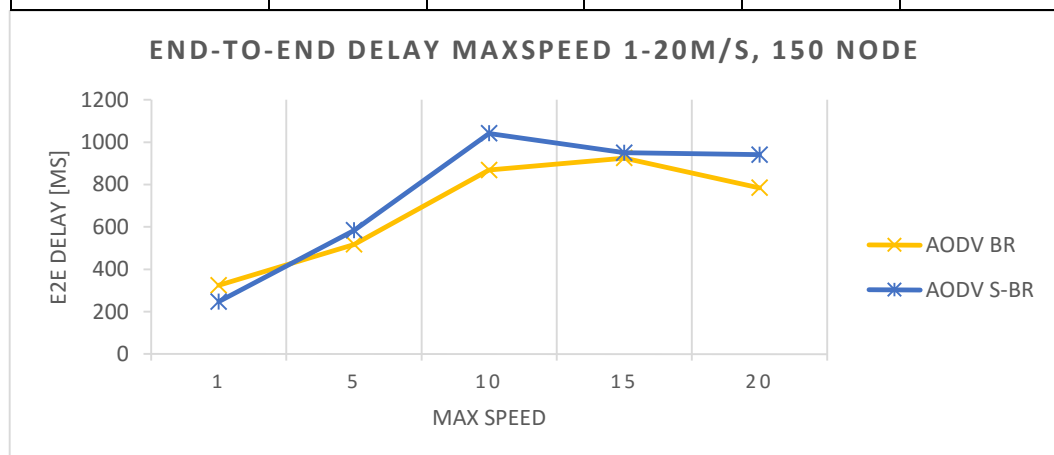
| Kecepatan Node | 15m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 868.4305 | 1041.145 | 1026.117 | 924.6617 | 925.1915 |
| AODV-SBR       | 1021.2   | 1044.886 | 810.0447 | 744.9009 | 950.0111 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 15 m/s memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 4.48% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.32 dan Grafik 4.29. Nilai E2E Delay *Maxspeed* 1 – 20 m/s saat node 150.

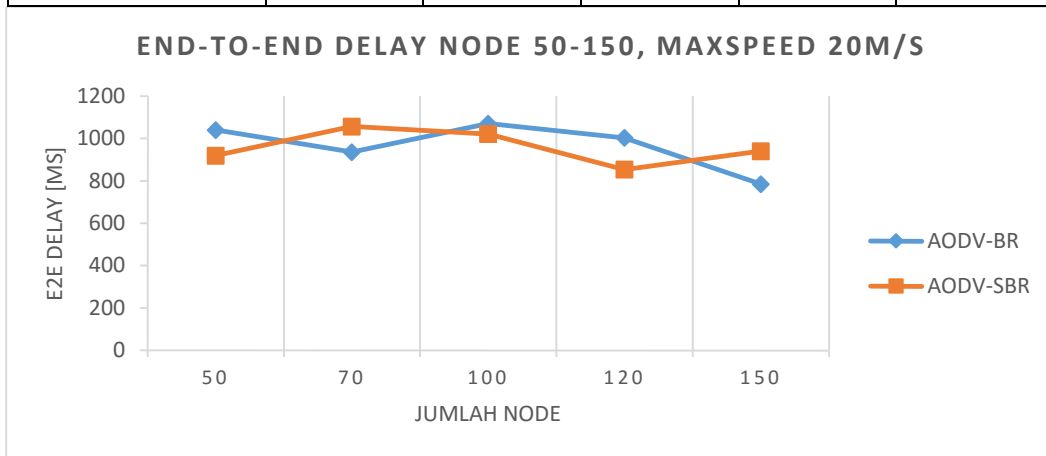
| Jumlah Node    | 150 Node |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s   | 15 m/s   | 20 m/s   |
| AODV-BR        | 324.267  | 516.6027 | 868.3826 | 925.1915 | 784.6576 |
| AODV-SBR       | 247.2099 | 583.6223 | 1040.954 | 950.0111 | 940.403  |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 10.03% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.33 dan Grafik 4.30. Nilai E2E Delay Node 50 – 150 saat *Maxspeed* 20m/s.

| Kecepatan Node | 20m/s    |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Jumlah Node    | 50       | 70       | 100      | 120      | 150      |
| AODV-BR        | 1039.877 | 935.5408 | 1069.988 | 1002.584 | 784.6576 |
| AODV-SBR       | 919.0582 | 1056.499 | 1020.883 | 853.4148 | 940.403  |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 20 m/s memperlihatkan nilai E2E Delay protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.88% terhadap protokol AODV-BR.

#### 4.5.4. Analisa End-to-End Delay

Berdasarkan data pada table dan grafik hasil pengujian E2E Delay pada kelompok 50 node sampai pada kelompok 150 node, kedua protokol yaitu AODV-BR dan AODV-SBR secara umum memperlihatkan tren pergerakan yang relatif sama, yaitu berupa peningkatan *delay* seiring dengan bertambahnya *maxspeed*. Namun demikian, pola yang ditunjukkan kedua protokol cukup fluktuatif, dimana pada titik *maxspeed* tertentu mengalami penurunan, dan pada titik *maxspeed* yang lain terjadi peningkatan Delay.

Meningkatnya *maxspeed* berakibat pada peningkatan potensi terputusnya jalur pengiriman data, karena kedua protokol menggunakan backup route sebagai

cadangan, maka jalur utama yang terputus akan digantikan oleh jalur cadangan yang relatif memiliki hop lebih banyak dari jalur utama. Dengan demikian maka proses pengiriman data membutuhkan waktu yang lebih lama.

Pola pergerakan yang fluktuatif juga terjadi karena node bergerak secara acak pada ruang lingkup yang telah ditentukan. sehingga peningkatan *maxspeed* akan memberikan effect bolak-balik, dimana pada saat tertentu speed yang tinggi akan memberikan dampak pada pemutusan jalur, dan saat yang lain tingginya *maxspeed* justru akan mengarah pada terbentuknya jalur. Pengaruh lain karena *maxspeed* yang diterapkan tidak konstant, sehingga *maxspeed* 10 dapat memiliki *delay* yang lebih rendah daripada *maxspeed* 5 seperti terlihat pada pengujian kelompok node 120 dan 150, namun penurunan yang terjadi normal, karena tidak melewati titik percepatan awal yaitu *maxspeed* 1.

Jumlah node sebenarnya memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap pola pergerakan nilai *delay* pada kedua protokol baik AODV-BR maupun AODV-SBR. Namun demikian, jumlah node tidak memperlihatkan konsistensi pengaruhnya terhadap nilai *delay*. Berdasarkan hasil dari lima variasi kelompok pengujian, nilai *delay* memperlihatkan pola yang cukup fluktuatif pada kedua protokol yang diujikan.

Perbandingan kedua protokol secara keseluruhan pada bagian ini, darisisi *maxspeed* memperlihatkan AODV-SBR mengalami peningkatan total rata-rata *delay* sebesar 1,58% dibanding AODV-BR. Sedangkan dari sisi jumlah node AODV-SBR mengalami penurunan *delay* sebesar 6.07% terhadap AODV-BR.

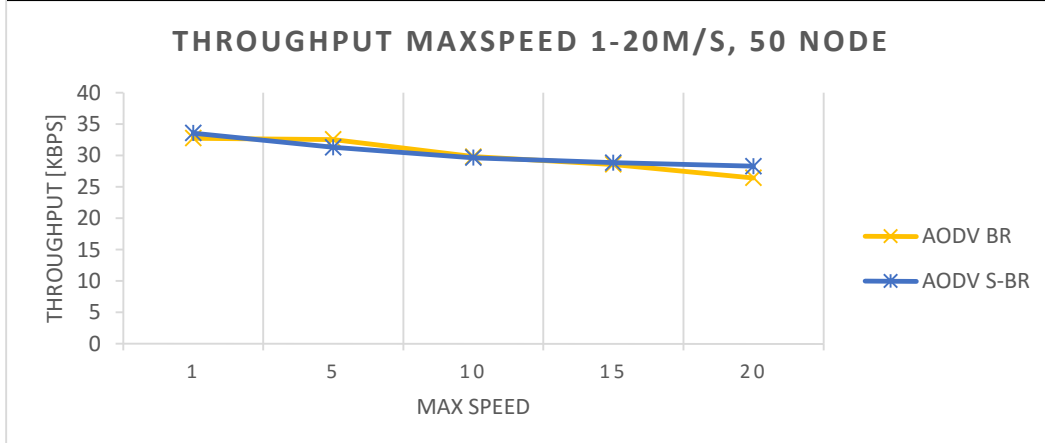
- Sebagaimana telah diketahui sebelumnya bahwa bertambahnya nilai *delay* mengindikasikan meningkatnya waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk sampai dari sumber ke tujuan. Sedangkan routing menggunakan LET memiliki potensi untuk memilih jalur dengan jumlah hop lebih banyak, sehingga berakibat pada bertambahnya waktu yang dibutuhkan untuk paket sampai ketujuan, dibanding pada BR yang mengupayakan pengiriman jalur berdasarkan jumlah hop terkecil.
- Walau menggunakan minimal hop yang memungkinkan *delay* lebih rendah dalam pencarian jalurnya, pada titik-titik tertentu BR justru mencatatkan nilai *delay* yang lebih tinggi dibandingkan dengan SBR. Polatersebut terjadi justru

karena pemilihan jalur BR menggunakan minimal hop, sehingga saat speed meningkat maka potensi penutusan jalur juga mengalami peningkatan. Putusnya jalur utama akan digantikan oleh jalur cadangan dengan potensi jumlah hop yang lebih banyak dari jalur utama, sehingga waktu pengiriman data akan bertambah seiring bertambahnya hope dalam jalur tersebut. Selain itu, pemutusan bisa jadi tidak hanya terjadi sekali, dengan demikian waktu pengiriman data akan bertambah seiring bertambahnya pergantian jalur. Sementara SBR, walaupun jalur yang dipilih berpeluang memiliki hop lebih banyak namun keterhubungannya relatif lebih lama, sehingga *delay* dari sisi perpindahan jalur akan berkurang.

#### 4.5.5 Tabel dan Grafik *Throughput*

Tabel 4.42 dan Grafik 4.39. *Throughput* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 50.

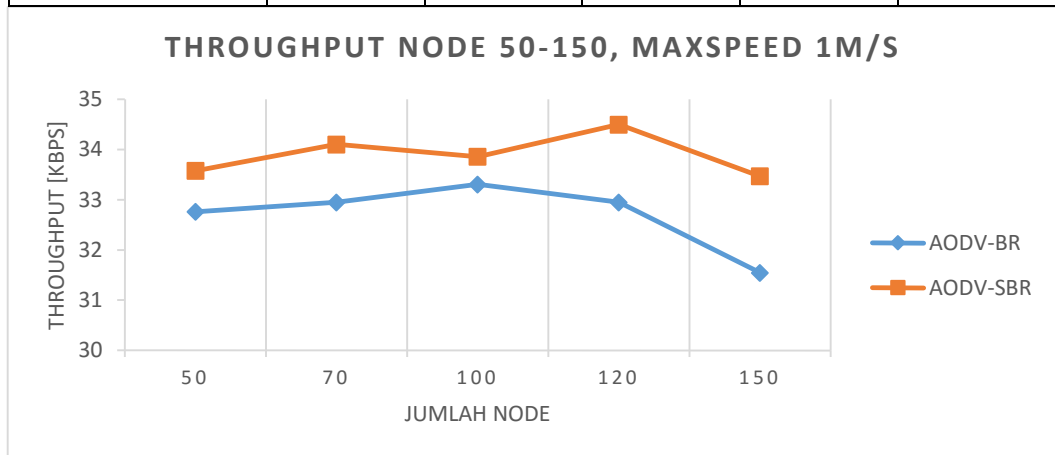
| Jumlah Node    | 50 Node |        |        |        |        |
|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 32.762  | 32.542 | 29.836 | 28.57  | 26.428 |
| AODV-SBR       | 33.576  | 31.298 | 29.638 | 28.854 | 28.298 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.02 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.43 dan Grafik 4.40. *Throughput* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 1m/s.

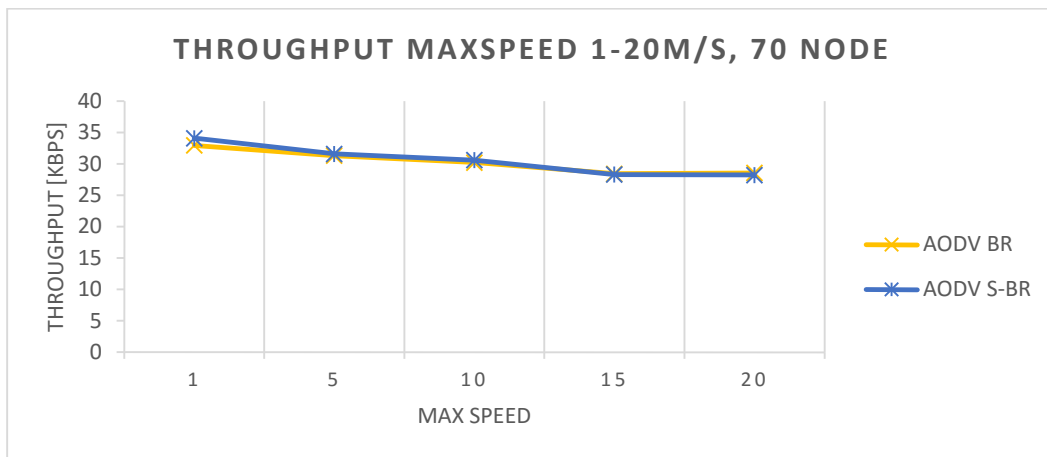
| Kecepatan Node | 1m/s   |        |        |       |        |
|----------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120   | 150    |
| AODV-BR        | 32.762 | 32.948 | 33.306 | 32.95 | 31.546 |
| AODV-SBR       | 33.576 | 34.104 | 33.858 | 34.5  | 33.47  |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 1 m/s memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 3.67% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.44 dan Grafik 4.41. *Throughput* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 70.

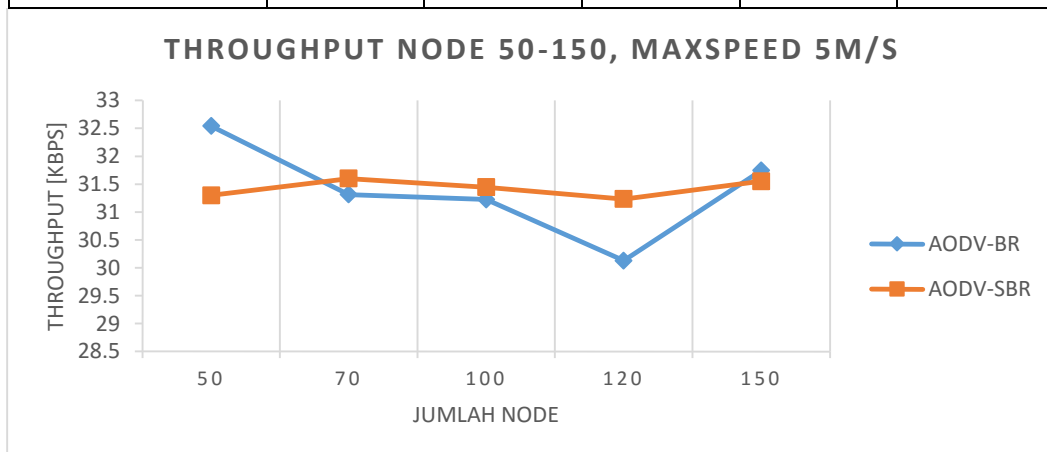
| Jumlah Node    | 70 Node |        |        |        |        |
|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 32.948  | 31.312 | 30.222 | 28.432 | 28.552 |
| AODV-SBR       | 34.104  | 31.6   | 30.594 | 28.31  | 28.228 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 70 memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.90 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.45 dan Grafik 4.42. *Throughput* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 5m/s.

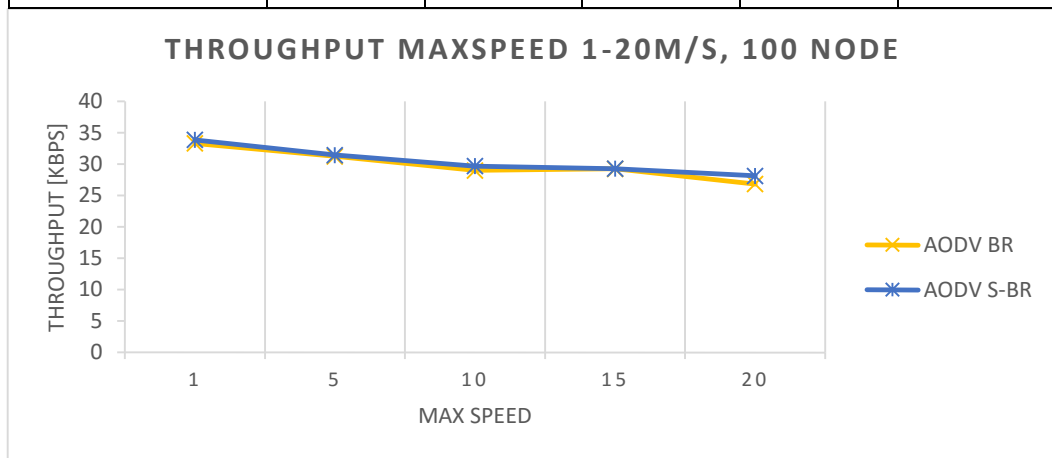
| Kecepatan Node | 5m/s   |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 32.542 | 31.312 | 31.224 | 30.128 | 31.744 |
| AODV-SBR       | 31.298 | 31.6   | 31.444 | 31.232 | 31.552 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 5 m/s memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.11% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.46 dan Grafik 4.43. *Throughput* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 100.

| Jumlah Node    | 100 Node |        |        |        |        |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 33.306   | 31.224 | 28.984 | 29.258 | 26.83  |
| AODV-SBR       | 33.858   | 31.444 | 29.67  | 29.28  | 28.136 |

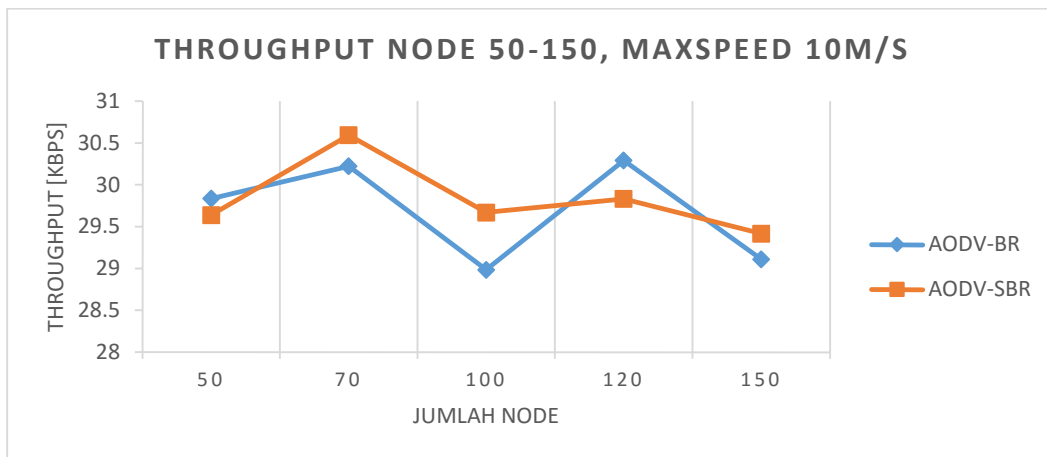


Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 100 memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.86 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.47 dan Grafik 4.44. *Throughput* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 10m/s.

| Kecepatan Node | 10m/s  |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 29.836 | 30.222 | 28.984 | 30.292 | 29.11  |
| AODV-SBR       | 29.638 | 30.594 | 29.67  | 29.832 | 29.416 |

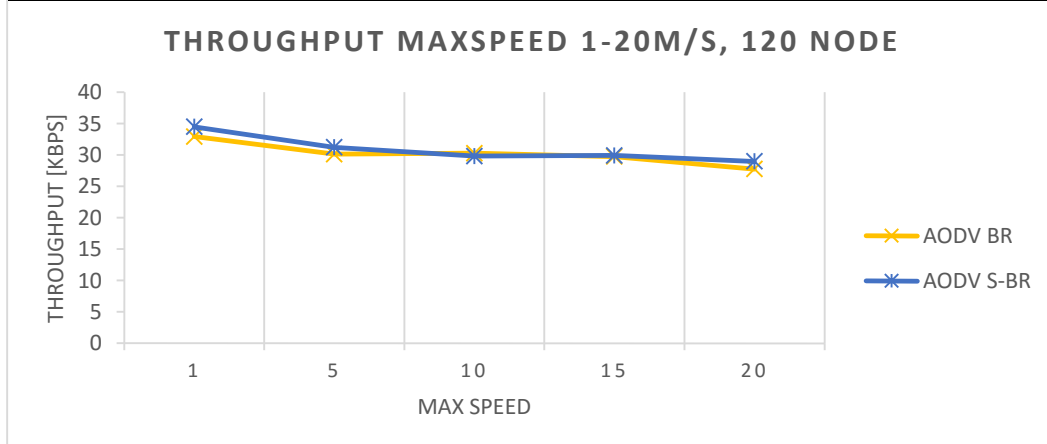




Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 10 m/s memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.48% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.48 dan Grafik 4.45. *Throughput* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 120.

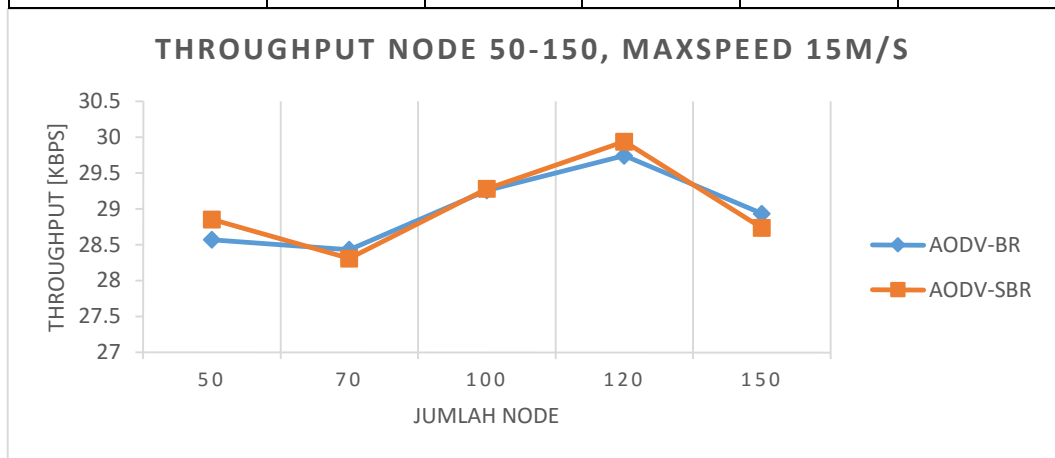
| Jumlah Node    | 120 Node |        |        |        |        |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 32.95    | 30.128 | 30.292 | 29.742 | 27.772 |
| AODV-SBR       | 34.5     | 31.232 | 29.832 | 29.938 | 28.99  |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 120 memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 2.39 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.49 dan Grafik 4.46. *Throughput* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 15m/s.

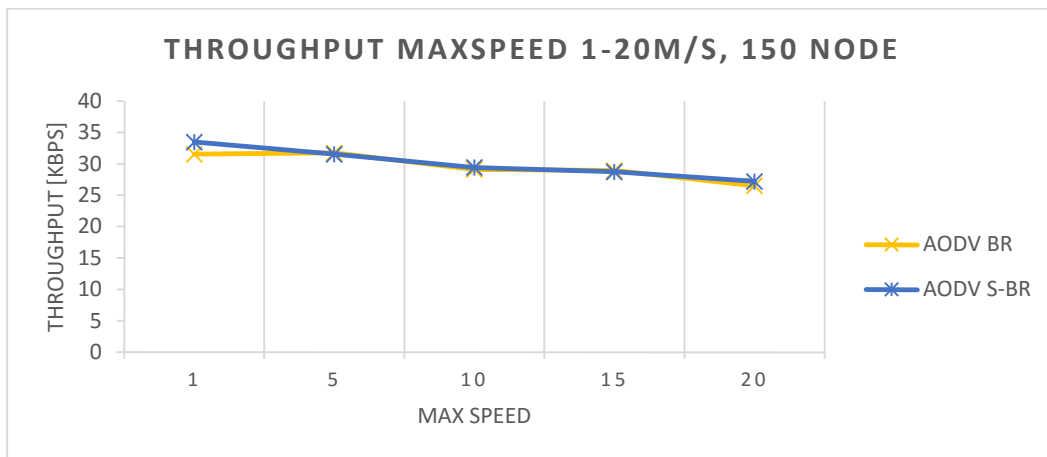
| Kecepatan Node | 15m/s  |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 28.57  | 28.432 | 29.258 | 29.742 | 28.934 |
| AODV-SBR       | 28.854 | 28.31  | 29.28  | 29.938 | 28.736 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 15 m/s memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.13% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.50 dan Grafik 4.47. *Throughput* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 150.

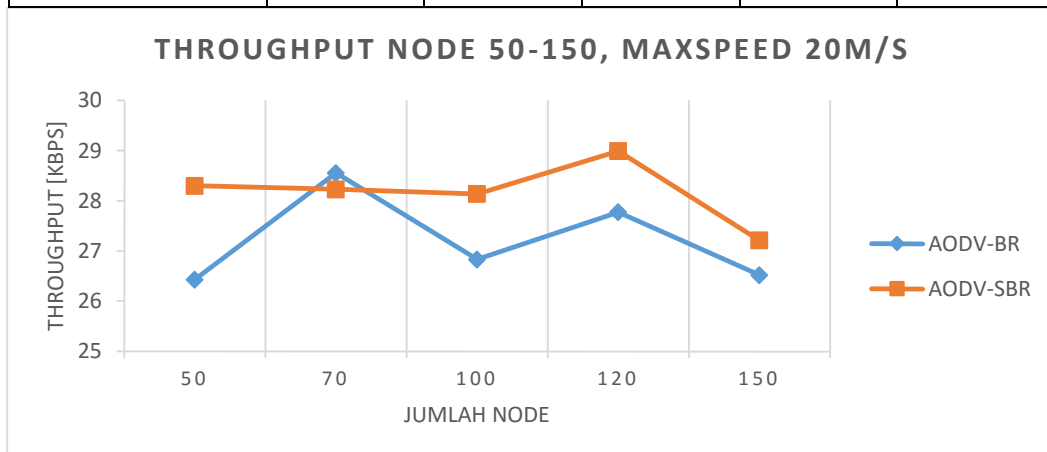
| Jumlah Node    | 150 Node |        |        |        |        |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 31.546   | 31.744 | 29.11  | 28.934 | 26.52  |
| AODV-SBR       | 33.47    | 31.552 | 29.416 | 28.736 | 27.212 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 150 memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.71 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.51 dan Grafik 4.48. *Throughput* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 20m/s.

| Kecepatan Node | 20m/s  |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 26.428 | 28.552 | 26.83  | 27.772 | 26.52  |
| AODV-SBR       | 28.298 | 28.228 | 28.136 | 28.99  | 27.212 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 20 m/s memperlihatkan nilai *throughput* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 3.50% terhadap protokol AODV-BR.

#### 4.5.6 Analisa *Throughput*

Berdasarkan data yang dihasilkan dari sisi variasi *maxspeed*, nilai *throughput* secara konsisten mengalami penurunan seiring meningkatnya percepatan mobilitas node. Penurunan *throughput* yang seiring meningkatnya kecepatan mobilitas node terjadi karena bertambahnya kecepatan pergerakan node akan berdampak pada meningkatnya potensi perubahan topologi dan berakibat pada terputusnya jalur pengiriman data yang telah terbangun. Jalur yang terputus akan ditindak dengan dua proses. Tindakan pertama adalah proses perbaikan, dalam hal ini adalah mengupayakan penggunaan jalur cadangan yang tersedia. Tindakan kedua adalah proses pembentukan jalur baru, dilakukan apabila jalur cadangan yang tersedia tidak ada atau telah habis. Proses pertama berpotensi pada peningkatan *delay* paket data, yaitu bertambahnya rentan waktu yang dibutuhkan sebuah packet untuk sampai ketujuan. Proses kedua berdampak pada peningkatan RRQ, artinya rentan waktu juga akan bertambah karena RRQ membutuhkan alokasi waktu untuk setiap mekanismenya.

Dengan demikian maka, meningkatnya intensitas kedua proses tersebut berakibat pada meningkatnya jumlah waktu berbanding jumlah packet data yang diterima, atau dalam kata lain menurunnya jumlah packet data yang diterima per waktu yang telah ditentukan (*throughput*).

Dari sisi jumlah node, kedua protokol yaitu AODV-BR dan AODV-SBR memperlihatkan pola yang tidak konsisten berupa fluktuatifitas nilai *throughput*. Hasil yang demikian karena bertambahnya jumlah node dapat meningkatkan ketersediaan jalur cadangan sehingga mengurangi efek terputusnya jalur karena pergerakan node. Dengan demikian persentase packet data yang berhasil dikirim dalam waktu tertentu semakin tinggi. Disisi lain, meningkatnya jumlah node juga dapat berdampak pada penurunan nilai PDR. Kondisi yang demikian terjadi karena node semakin padat sehingga jalur terpilih sangat berpotensi memiliki jumlah hop yang lebih banyak. Dampaknya, waktu yang dibutuhkan packet data untuk sampai ketujuan menjadi lebih lama. Kedua situasi di atas juga dipengaruhi oleh

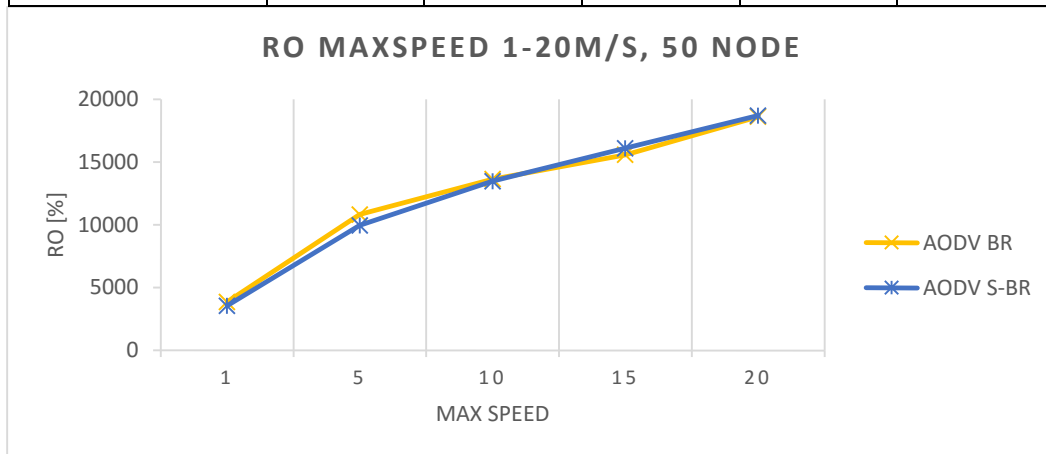
pergerakan node yang senantiasa acak, sehingga pada jumlah node yang sama hasil yang diperoleh bisa berbeda.

Namun demikian, secara keseluruhan dari lima variasi kelompok pengujian diketahui nilai throughput antara kedua protokol yaitu AODV-BR dan AODV-SBR dari sisi *maxspeed* maupun jumlah node memperlihatkan bahwa nilai *throughput* pada protokol AODV-SBR lebih besar dibandingkan AODV-BR, yaitu sebesar 1.58%.

#### 4.5.7 Tabel dan Grafik Routing Overhead

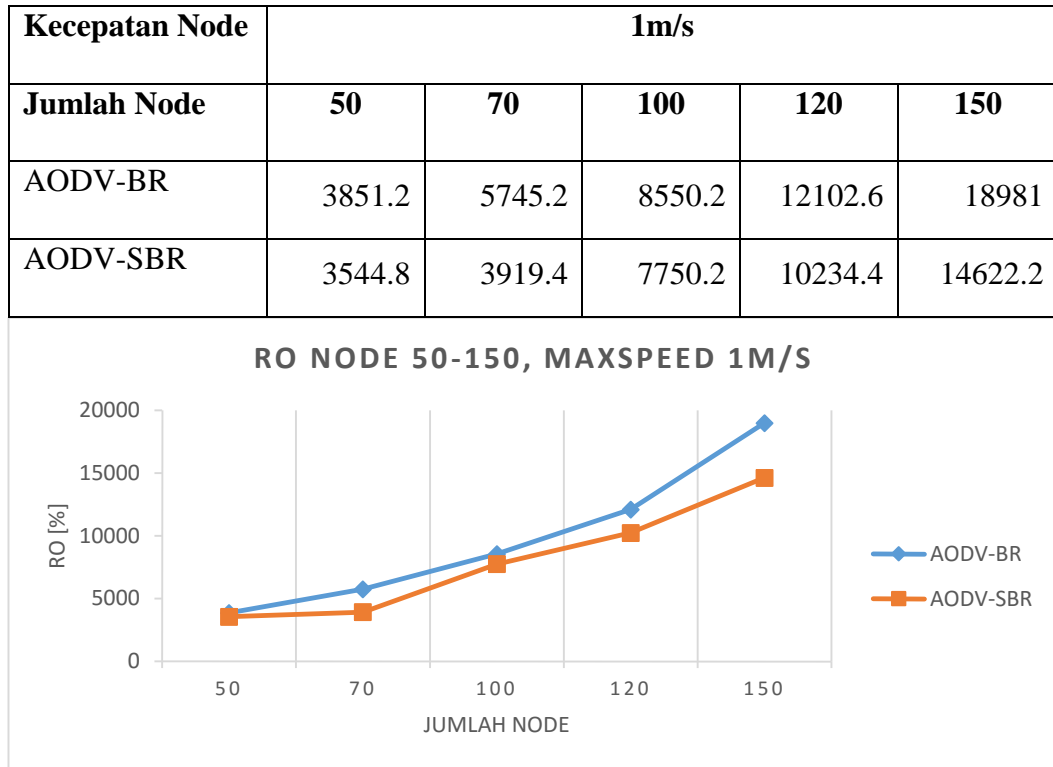
Tabel 4.33 dan Grafik 4.30. *Routing Overhead* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 50.

| Jumlah Node    | 50 Node |         |         |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s   | 10 m/s  | 15 m/s  | 20 m/s  |
| AODV-BR        | 3851.2  | 10822.6 | 13640.4 | 15570.6 | 18613.4 |
| AODV-SBR       | 3544.8  | 9949.8  | 13463.4 | 16102.6 | 18700   |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.35 % terhadap protokol AODV-BR.

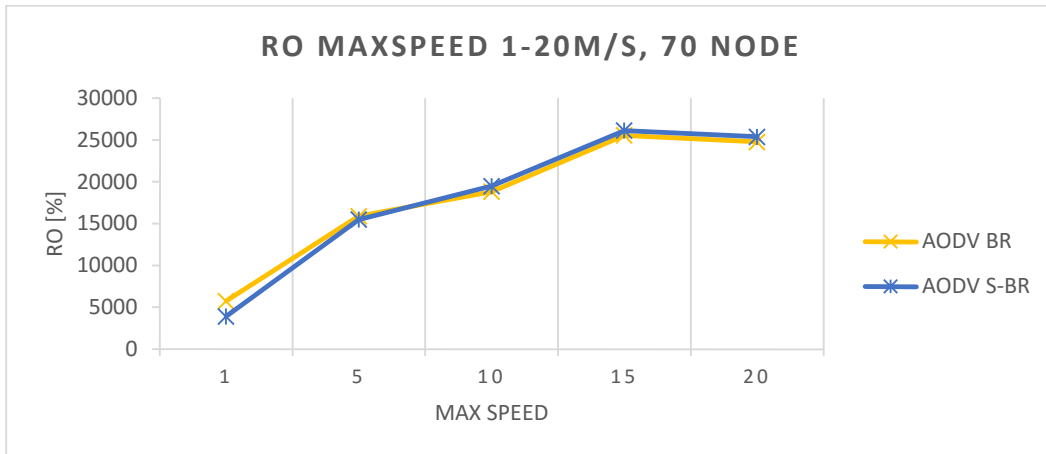
Tabel 4.34 dan Grafik 4.31. *Routing Overhead* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 1m/s.



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 1 m/s memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.03% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.35 dan Grafik 4.32. *Routing Overhead* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 70.

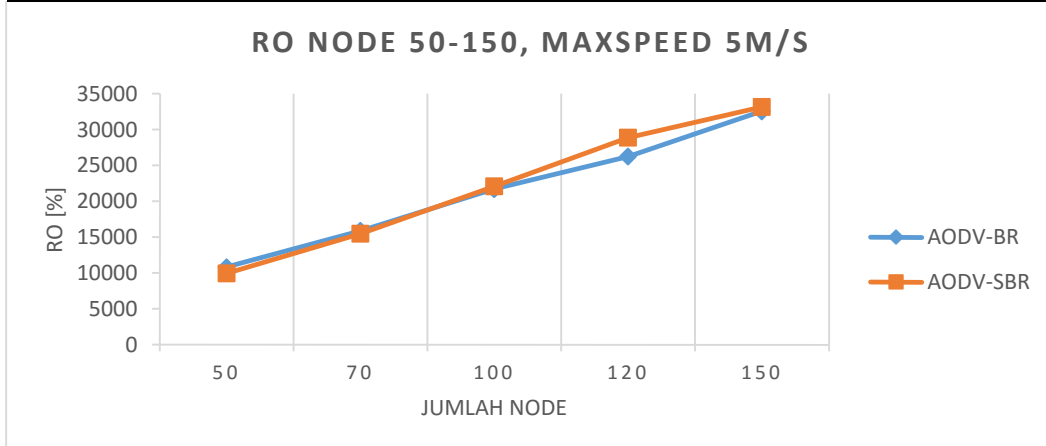
| Jumlah Node    | 70 Node |         |         |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s   | 10 m/s  | 15 m/s  | 20 m/s  |
| AODV-BR        | 5745.2  | 15888.4 | 18823.8 | 25558.2 | 24767.8 |
| AODV-SBR       | 3919.4  | 15493.2 | 19485.8 | 26121.8 | 25369.8 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 70 memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.14 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.36 dan Grafik 4.33. *Routing Overhead* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 5m/s.

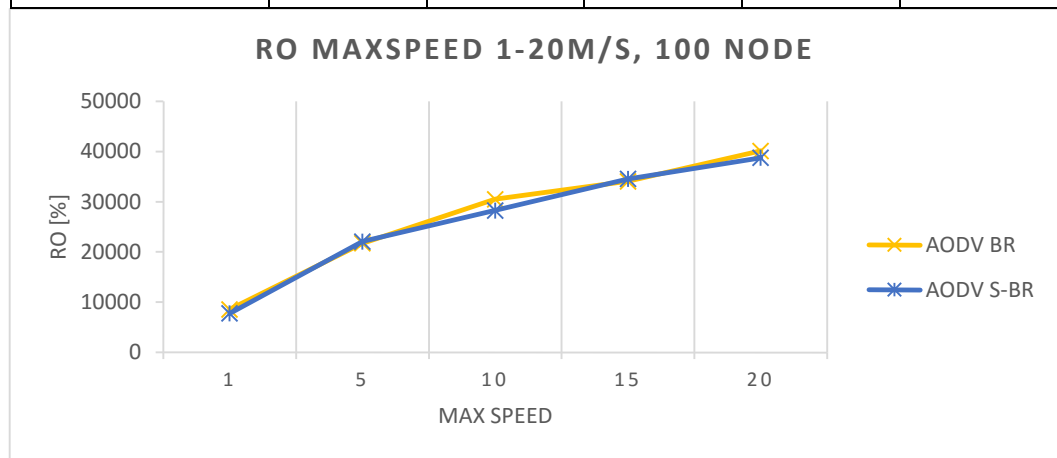
| Kecepatan Node | 5m/s    |         |         |         |          |
|----------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Jumlah Node    | 50      | 70      | 100     | 120     | 150      |
| AODV-BR        | 10822.6 | 15888.4 | 21721.6 | 26240.4 | 32572.25 |
| AODV-SBR       | 9949.8  | 15493.2 | 22091   | 28874.2 | 33170.5  |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 5 m/s memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.19% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.37 dan Grafik 4.34. *Routing Overhead* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 100.

| Jumlah Node    | 100 Node |         |         |         |         |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s   | 10 m/s  | 15 m/s  | 20 m/s  |
| AODV-BR        | 8550.2   | 21721.6 | 30490.8 | 34071.8 | 40117   |
| AODV-SBR       | 7750.2   | 22091   | 28251.5 | 34552.2 | 38749.6 |

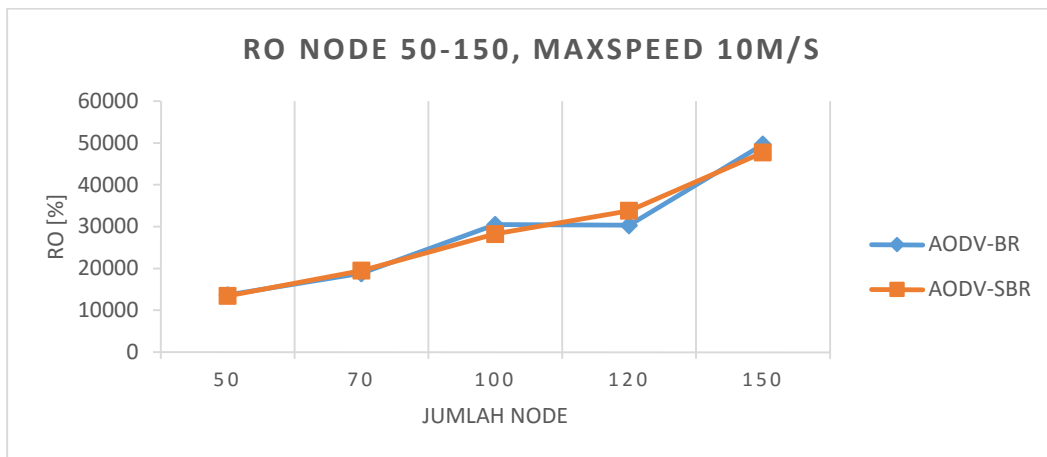


Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 100 memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.54 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.38 dan Grafik 4.35. *Routing Overhead* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 10m/s.

| Kecepatan Node | 10m/s   |         |         |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Jumlah Node    | 50      | 70      | 100     | 120     | 150     |
| AODV-BR        | 13640.4 | 18823.8 | 30490.8 | 30339.4 | 49644.6 |
| AODV-SBR       | 13463.4 | 19485.8 | 28251.5 | 33791.8 | 47747   |

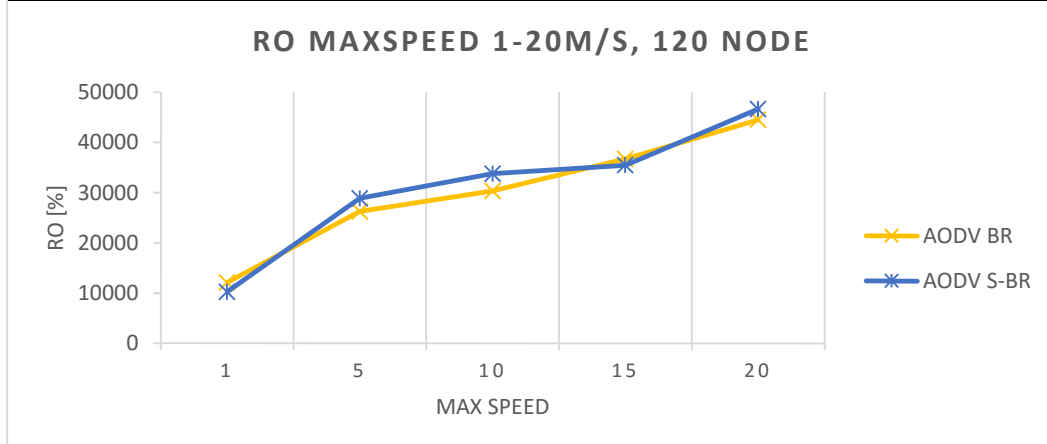




Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 10 m/s memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunann sebesar 0.62% terhadap protokol AODV-BR.

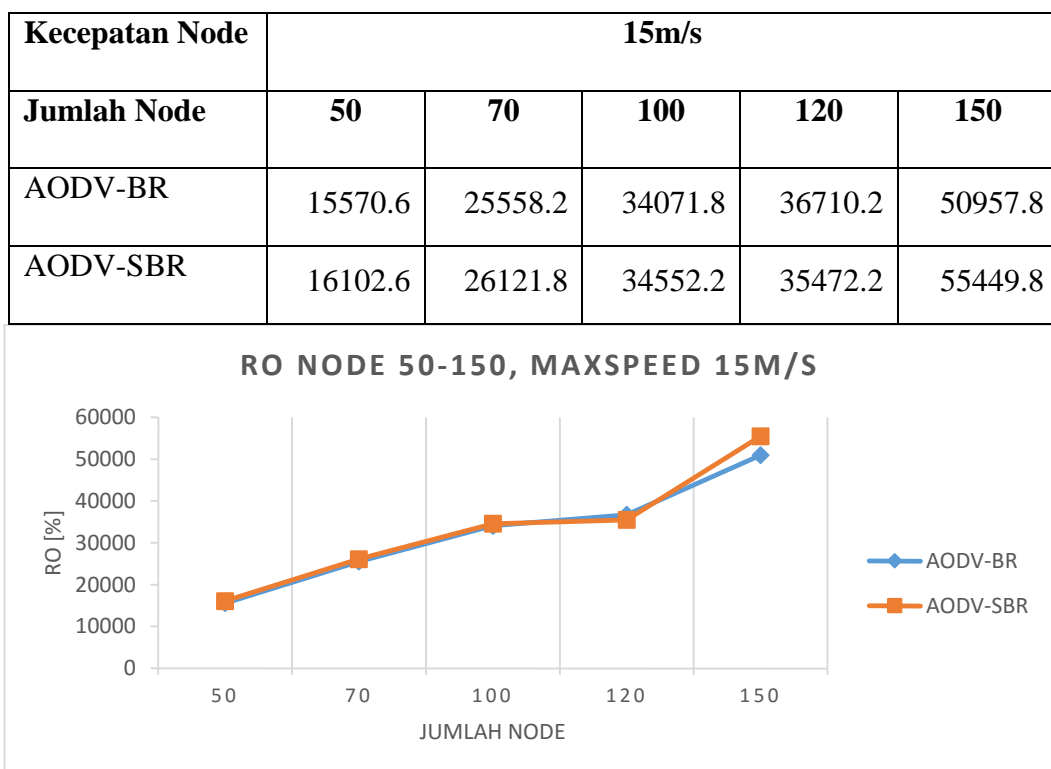
Tabel 4.39 dan Grafik 4.36. *Routing Overhead* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 120.

| Jumlah Node    | 120 Node |         |         |         |        |
|----------------|----------|---------|---------|---------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s   | 10 m/s  | 15 m/s  | 20 m/s |
| AODV-BR        | 12102.6  | 26240.4 | 30339.4 | 36710.2 | 44522  |
| AODV-SBR       | 10234.4  | 28874.2 | 33791.8 | 35472.2 | 46657  |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 120 memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.30 % terhadap protokol AODV-BR.

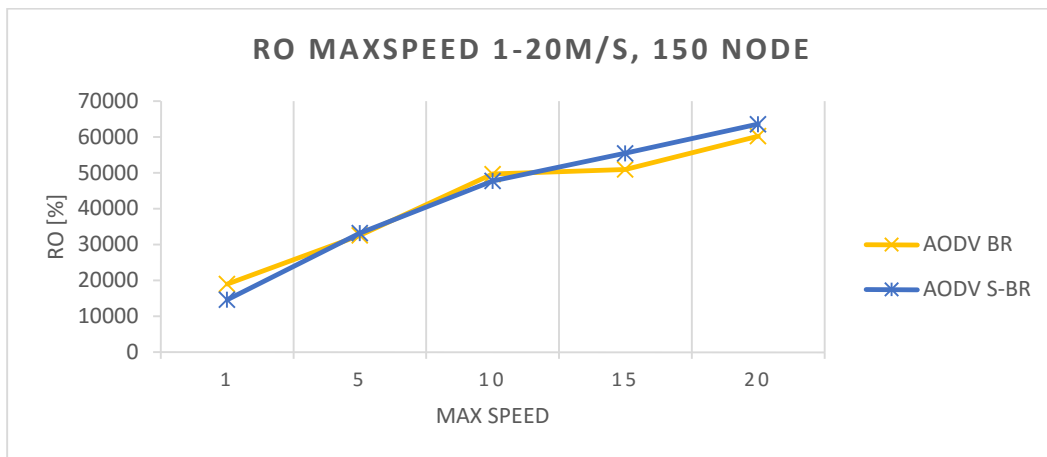
Tabel 4.40 dan Grafik 4.37. *Routing Overhead* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 15m/s.



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 15 m/s memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.05% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.41 dan Grafik 4.38. *Routing Overhead* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 150.

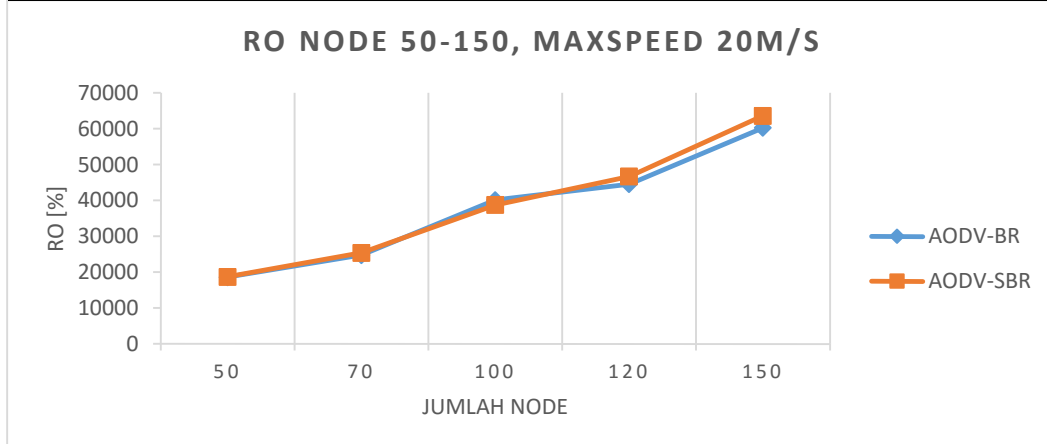
| Jumlah Node    | 150 Node |          |         |         |         |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s    | 10 m/s  | 15 m/s  | 20 m/s  |
| AODV-BR        | 18981    | 32572.25 | 49644.6 | 50957.8 | 60251.2 |
| AODV-SBR       | 14622.2  | 33170.5  | 47747   | 55449.8 | 63580.8 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 150 memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.77 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.42 dan Grafik 4.39. *Routing Overhead* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 20m/s.

| Kecepatan Node | 20m/s   |         |         |       |         |
|----------------|---------|---------|---------|-------|---------|
| Jumlah Node    | 50      | 70      | 100     | 120   | 150     |
| AODV-BR        | 18613.4 | 24767.8 | 40117   | 44522 | 60251.2 |
| AODV-SBR       | 18700   | 25369.8 | 38749.6 | 46657 | 63580.8 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 20 m/s memperlihatkan nilai *routing overhead* protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.28% terhadap protokol AODV-BR.

#### 4.5.8 Analisa *Routing Overhead*

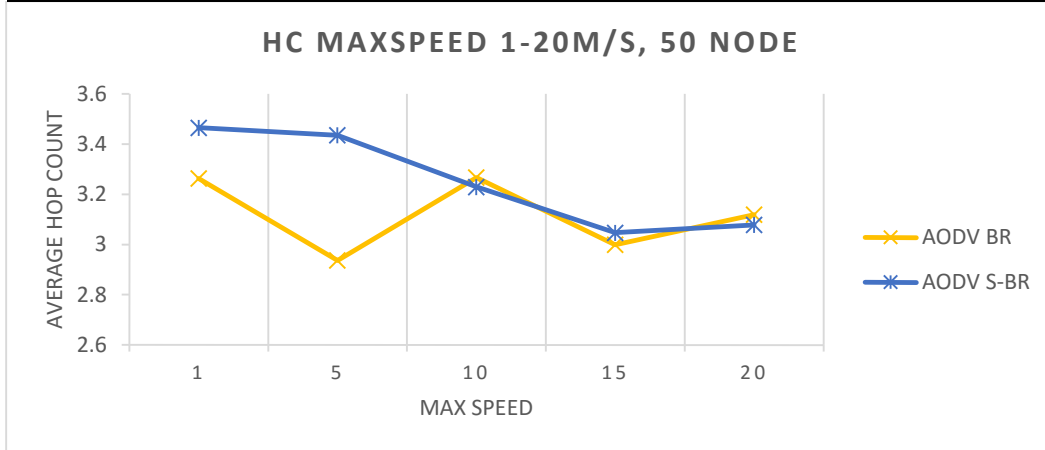
Data yang dihasilkan dari keseluruhan lima kelompok pengujian memperlihatkan pola nilai *Routing Overhead* (RO) yang cenderung sama, namun demikian nilai RO pada AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.19% jika dibandingkan dengan AODV-BR. Terlihat bahwa walaupun tidak signifikan, algoritma LET yang diterapkan mampu memberikan pengaruh berupa penurunan nilai RO. Terjadinya penurunan nilai RO mengindikasikan semakin baiknya jalur yang digunakan untuk melakukan pengiriman data, hal ini ditandai dengan jumlah RRQ yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah paket data yang berhasil terkirim. Dapat diartikan juga bahwa packet data telah terkirim sebelum jalur pengiriman data mengalami kerusakan.

Pada kasus ini baik *maxspeed* maupun jumlah node memperlihatkan pola yang cenderung sama, yaitu peningkatan nilai RO seiring bertambahnya nilai *maxspeed* dan jumlah node. Terjadinya penurunan nilai RO pada beberapa titik tertentu disebabkan karena nilai *maxspeed* yang diterapkan bersifat fluktuatif. Sedangkan pada variasi jumlah node, nilai RO terlihat mengalami penurunan yang lebih konsisten. Terhadap nilai RO, dari seluruh pengujian yang dilakukan memperlihatkan kinerja terbaik AODV-SBR ada pada *maxspeed* 1, dimana nilai nilainya RO yang diperoleh senantiasa lebih rendah dari nilai RO yang ada pada AODV-BR, baik dilingkungan dengan node yang relatif padat maupun jarang.

#### 4.5.9 Tabel dan Grafik Hop Count (HC)

Tabel 4.43 dan Grafik 4.40. *Hop Count* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 50.

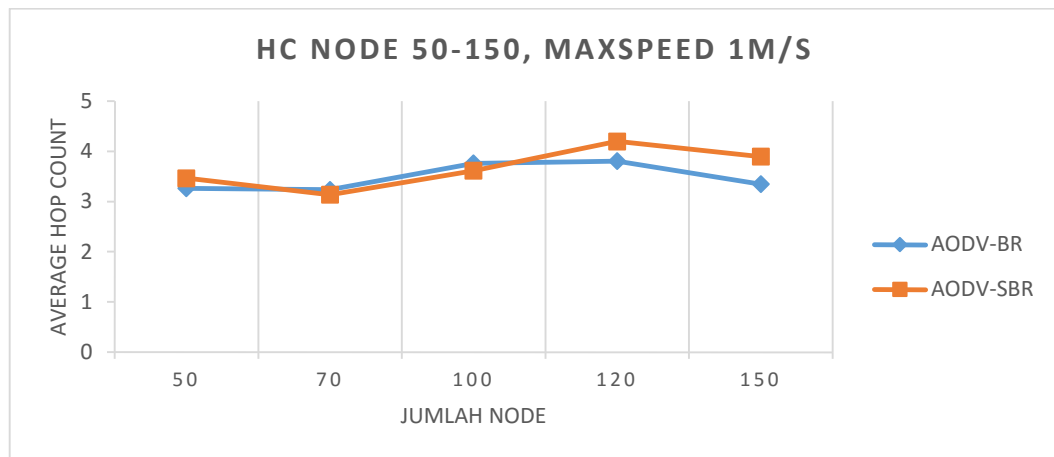
| Jumlah Node    | 50 Node |        |        |        |        |
|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 3.2631  | 2.9363 | 3.2672 | 2.9991 | 3.119  |
| AODV-SBR       | 3.4656  | 3.4356 | 3.2291 | 3.0467 | 3.0782 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 50 memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 4.30 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.44 dan Grafik 4.41. *Hop Count* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 1m/s.

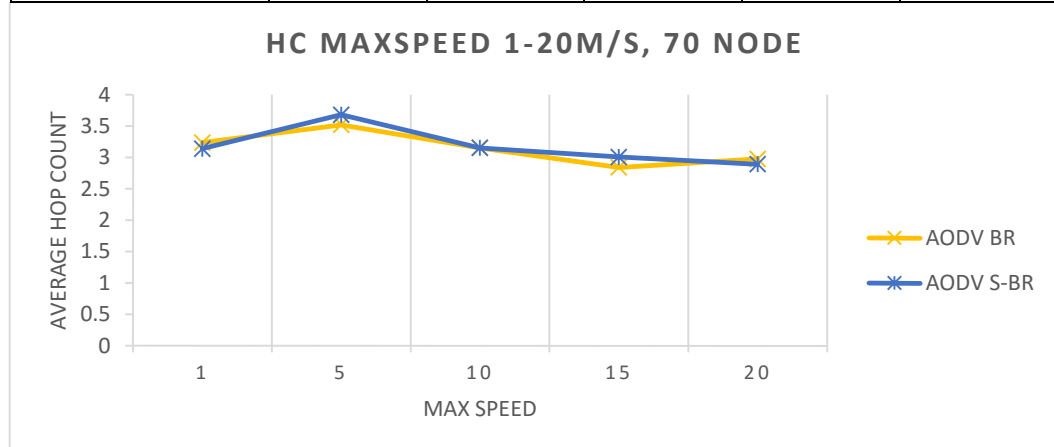
| Kecepatan Node | 1m/s   |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 3.2631 | 3.2338 | 3.7607 | 3.8068 | 3.3467 |
| AODV-SBR       | 3.4656 | 3.1361 | 3.6129 | 4.1981 | 3.8942 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 1 m/s memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 5.14% terhadap protokol AODV-BR.

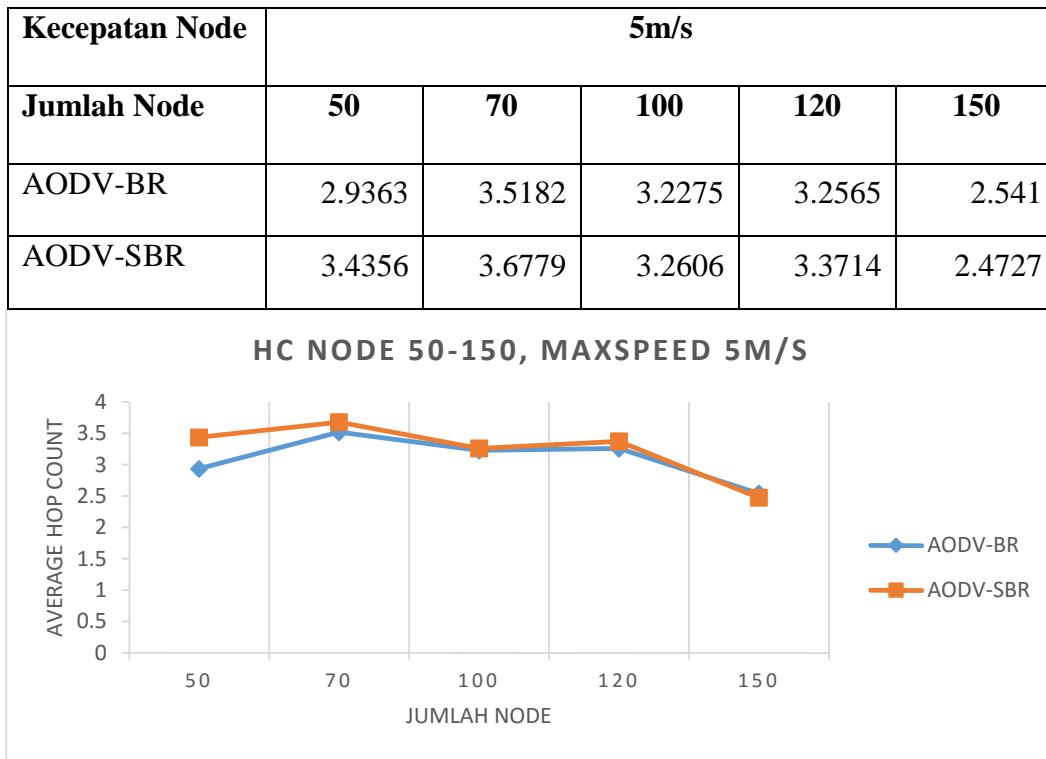
Tabel 4.45 dan Grafik 4.42. *Hop Count* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 70.

| Jumlah Node    | 70 Node |        |        |        |        |
|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s    | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 3.2338  | 3.5182 | 3.15   | 2.8374 | 2.9745 |
| AODV-SBR       | 3.1361  | 3.6779 | 3.15   | 3.0033 | 2.8901 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 70 memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.91 % terhadap protokol AODV-BR.

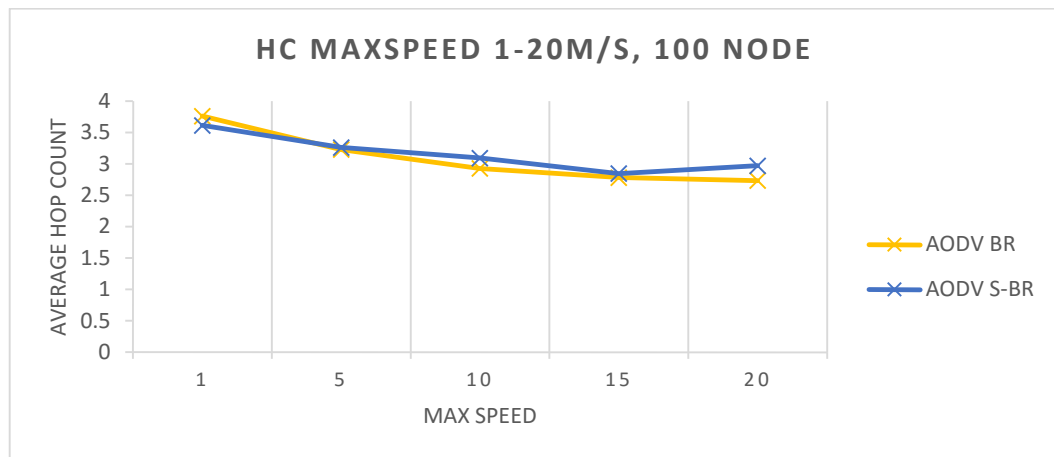
Tabel 4.46 dan Grafik 4.43. *Hop Count* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 5m/s.



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 5 m/s memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 4.77% terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.47 dan Grafik 4.44. *Hop Count* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 100.

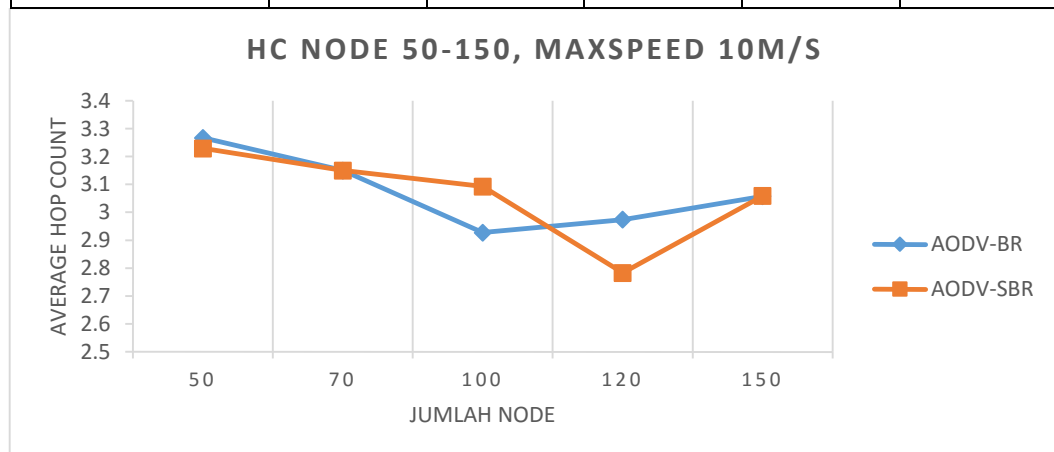
| Jumlah Node    | 100 Node |        |        |        |        |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 3.7607   | 3.2275 | 2.9275 | 2.7808 | 2.733  |
| AODV-SBR       | 3.6129   | 3.2606 | 3.0926 | 2.8447 | 2.9709 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 100 memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 2.28 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.48 dan Grafik 4.45. *Hop Count* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 10m/s.

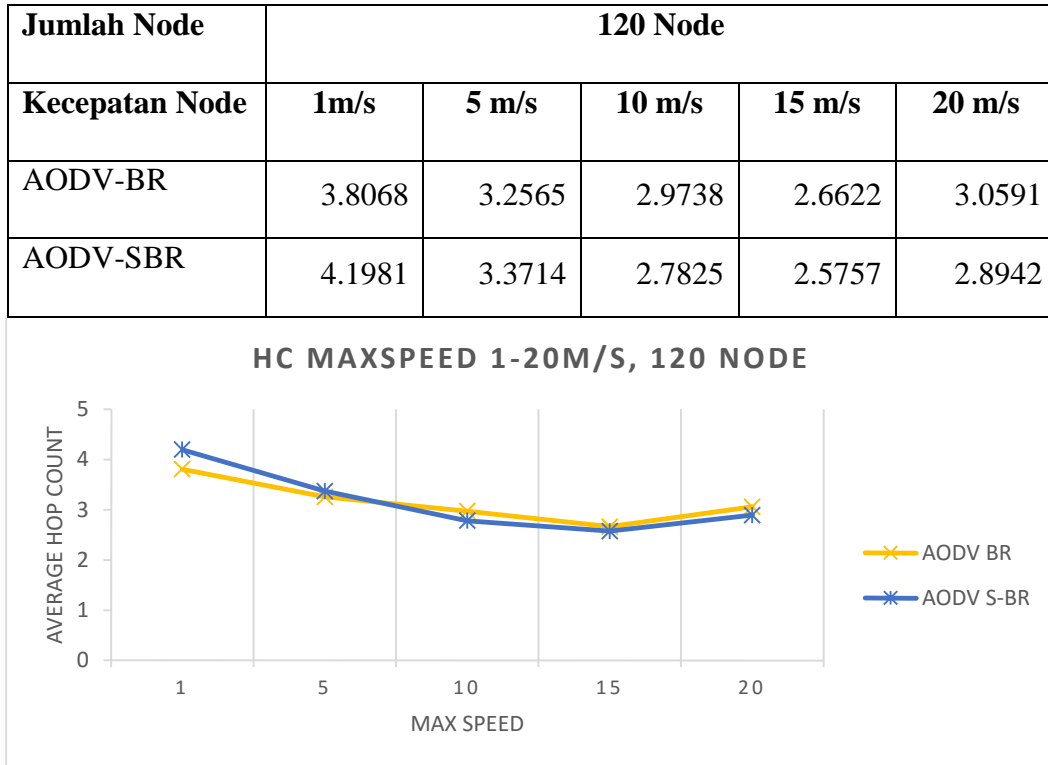
| Kecepatan Node | 10m/s  |      |        |        |        |
|----------------|--------|------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70   | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 3.2672 | 3.15 | 2.9275 | 2.9738 | 3.0574 |
| AODV-SBR       | 3.2291 | 3.15 | 3.0926 | 2.7825 | 3.0588 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 10 m/s memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami penurunan sebesar 0.41% terhadap protokol AODV-BR.



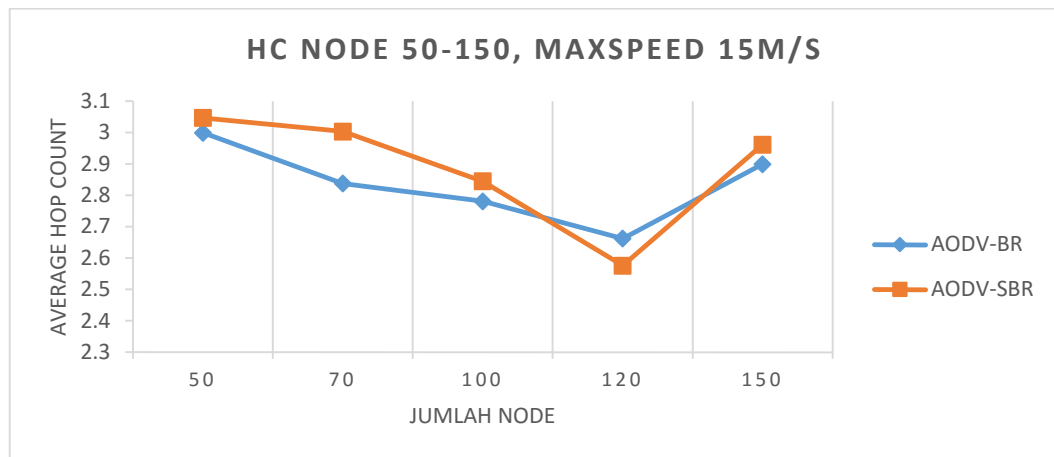
Tabel 4.49 dan Grafik 4.46. *Hop Count* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 120.



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 120 memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 0.40 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.50 dan Grafik 4.47. *Hop Count* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 15m/s.

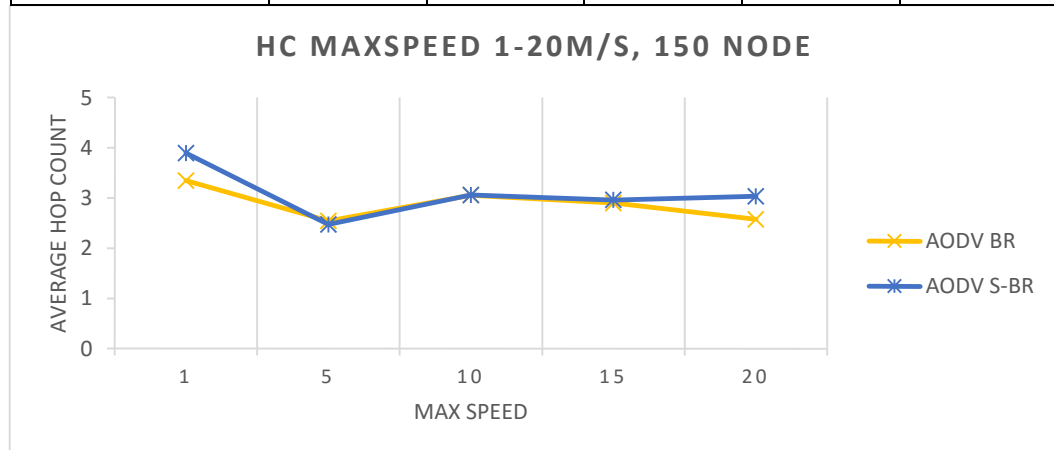
| Kecepatan Node | 15m/s  |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 2.9991 | 2.8374 | 2.7808 | 2.6622 | 2.899  |
| AODV-SBR       | 3.0467 | 3.0033 | 2.8447 | 2.5757 | 2.9616 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 15 m/s memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 1.79 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.51 dan Grafik 4.48. *Hop Count* pada *Maxspeed* 1 – 20 m/s dengan jumlah node 150.

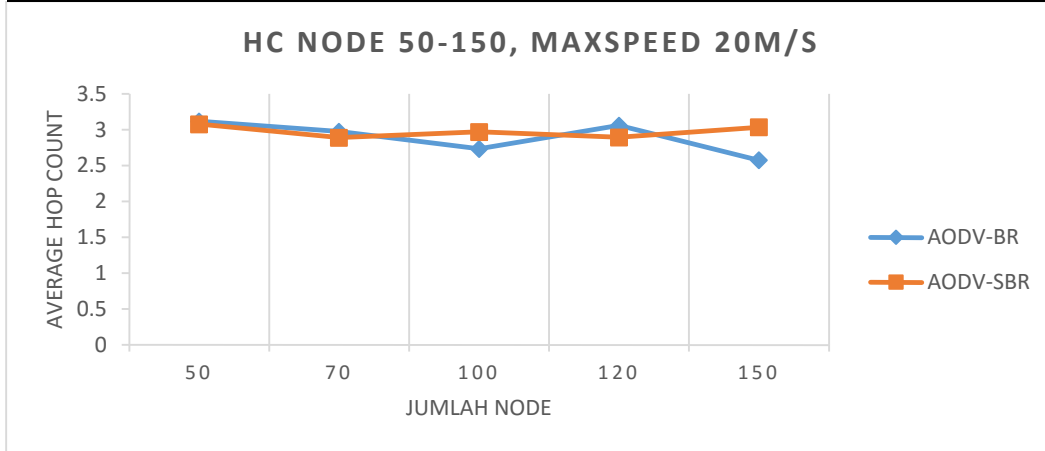
| Jumlah Node    | 150 Node |        |        |        |        |
|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Kecepatan Node | 1m/s     | 5 m/s  | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| AODV-BR        | 3.3467   | 2.541  | 3.0574 | 2.899  | 2.5744 |
| AODV-SBR       | 3.8942   | 2.4727 | 3.0588 | 2.9616 | 3.0344 |



Hasil uji pengaruh *maxspeed* pada node dengan jumlah 150 memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 6.96 % terhadap protokol AODV-BR.

Tabel 4.52 dan Grafik 4.49. *Hop Count* dengan jumlah Node 50 – 150 pada *Maxspeed* 20m/s.

| Kecepatan Node | 20m/s  |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jumlah Node    | 50     | 70     | 100    | 120    | 150    |
| AODV-BR        | 3.119  | 2.9745 | 2.733  | 3.0591 | 2.5744 |
| AODV-SBR       | 3.0782 | 2.8901 | 2.9709 | 2.8942 | 3.0344 |



Hasil uji pengaruh jumlah node pada *maxspeed* 20 m/s memperlihatkan jumlah HC protokol AODV-SBR mengalami peningkatan sebesar 2.82 % terhadap protokol AODV-BR.

#### 4.5.10 Analisa *Hop Count* (HC)

Hasil uji yang dilakukan juga memperlihatkan jumlah rata-rata *Hop Count* pada protokol AODV-SBR lebih banyak. Jumlah HC yang dimiliki AODV-SBR lebih banyak membuktikan berjalannya mekanisme baru yang ditambahkan yaitu berupa mekanisme algoritma *link expiration time* (LET) untuk melakukan pencarian rute utama. Sebagaimana pembahasan sebelumnya bahwa penggunaan LET pada AODV memungkinkan keterlibatan jumlah *Hop Count* yang lebih banyak daripada AODV konvensional yang menitik beratkan pencarian rute berdasar minimal hop.

Adapun jumlah *Hop Count* AODV-SBR yang ternyata lebih sedikit dibandingkan AODV-BR pada titik-titik tertentu mengindikasikan kemampuan LET untuk menjaga konektifitas antara node sehingga proses pencarian rute baru yang dapat menanbah daftar jumlah *Hop Count* lebih sedikit dibandingkan pada AODV-BR.

*Halama ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah modifikasi dan uji coba protokol AODV-SBR berhasil dilakukan, maka pada bab ini akan disajikan beberapa kesimpulan terkait hasil pengujian yang didapatkan. Selain itu, pada bab ini juga akan disajikan beberapa saran terkait hasil pengujian serta pengembangan yang sekiranya dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari seluruh pengujian yang telah dilakukan dan disajikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Modifikasi protokol AODV-BR menjadi AODV-SBR dengan menambahkan mekanisme *Link Expiration Time* (LET), mampu memberikan dampak berupa perbaikan kinerja pada peningkatan nilai Packet Delivery Ratio, Throughput, serta penurunan jumlah End-to-End Delay, dan Routing Overhead.
2. Total dari hasil seluruh pengujian memperlihatkan peningkatan kinerja antara 0.19% sampai 3.71% untuk setiap parameter kinerja yang telah ditentukan.
3. Perbedaan nilai maxspeed dan jumlah node yang diterapkan pada setiap file skenario pengujian berdampak pada perbedaan nilai kinerja protokol yang diujikan.
4. Jumlah rata-rata *hop count* pada AODV-SBR lebih banyak dibandingkan pada AODV-BR, ini membuktikan mekanisme tambahan berupa algoritma LET yang diterapkan pada AODV-SBR berjalan dengan baik.

## 5.2 Saran

Guna memperoleh hasil yang lebih aktual terkait kinerja protokol AODV-SBR maka perlu dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan variasi nilai maxspeed yang constant. Tujuannya untuk mengetahui secara pasti perubahan kejadian pada setiap nilai maxspeed yang diberlakukan. Dengan demikian dapat diketahui secara pasti pengaruh maxspeed terhadap kinerja routing protokol yang di ujikan.
2. Perlunya dilakukan pengujian pada lingkungan dengan node yang memiliki gerak beraturan (*non randomly*), baik kecepatan maupun arah, guna mengetahui secara pasti mekanisme yang terjadi saat parameter-parameter pengujian yang lain ditambahkan.
3. Perlunya dilakukan pengujian dengan waktu yang lebih lama. Tujuannya untuk mengetahui apakah perubahan yang terjadi dengan diberlakukannya variasi maxspeed dan jumlah node merupakan perubahan yang bersifat *permanent* atau *temporary*.
4. Perlu dilakukan penambahan beberapa variasi pengujian guna mengetahui lingkungan yang tepat bagi penerapan protokol AODV-SBR.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Lee, K., dkk. (2009). Survey of Routing Protocols in Vehicular Ad Hoc Networks. *Advances in Vehicular Ad-Hoc Networks: Developments and Challenges*, IGI Global.
- Cha, S.-H., Lee, K.-W., Cho, H.-S. (2012). Grid-based predictive geographical routing for inter-vehicle communication in urban areas. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, pp. 1-7, 2012.
- Foh, C. H., dkk. (2005). Network Connectivity of One-Dimensional MANETs with Random Waypoint Movement. *IEEE Communications Letters*, pp. 31-33.
- Harjeet Kaur, dkk. (2013). A Survey of Reactive, Proactive and Hybrid Routing Protocols in MANET: A Review.
- Jian, L & Fang-min, LI. (2009). An Improvement of AODV Protocol Based on Reliable Delivery in Mobile Ad hoc Networks. in *IEEE*.
- Joseph P. Mackera M. Scott Corson, "Mobile Ad Hoc Networking and the IETF," *Mobile Computing and Communications Review*, Volume 3, Number 2.
- Khabazian, M., & Ali, M. K. M. (2008). A Performance Modeling of Connectivity in Vehicular Ad Hoc Networks. *IEEE Transactions on Vehicle Technology*, pp. 2440-2450.
- Mangharam, R., dkk. (2007). Bounded-latency alerts in vehicular networks. in *Proc. of the International Conference on Mobile Networking for Vehicular Environments*, pp. 55-60, Anchorage, USA.
- NS-2. (2011, November 5). Retrieved Juli 9, 2015, "The Network Simulator – ns-2" from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- Nurfiana. (2012), "Perbaikan Protokol Routing Ad Hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV) untuk Mendapatkan Rute yang Stabil Menggunakan Link Expiration Time (LET)", Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Palma, V. & Vegni, M. A. (2013). On the Optimal Design of a Broadcast Data Dissemination System over VANET Providing V2V and V2I



- Communications “The Vision of Rome as a Smart City”. *Journal of Telecommunications and Information Technology*.
- Paul. B., dkk. (2011). VANET Routing Protocols: Pros and Cons. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 20– No.3*
- Perkins, C. & Royer, M. (2003). Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing.
- S.H. Bae, S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, “The Design, Implementation, and Performance Evaluation of the On-Demand Multicast Routing Protocol in Multihop Wireless Networks,” *IEEE Network*, Special Issue on Multicasting Empowering the Next Generation Internet, vol. 14, no. 1, January/February 2000, pp. 70-77.
- Savyanar and R. Kale. (2014). Mobility Prediction: A review of Techniques used in MANETS
- Sung-Ju Lee & Mario Gerla, (2000). AODV-BR: Backup Routing in Ad hoc Networks. *Global Mobile Information Systems*.
- William Su, dkk. (2000). Mobility Prediction in Wireless Network. *IEEE*.
- Windianto, dkk. (2015). Optimasi Routing pada Protokol AODV\_EXT dengan Menggunakan Link Expiration Time (LET). *JUTI - Volume 13*, Nomor 2.

## RIWAYAT PENULIS



**Rachmat**, lahir di Merauke, Papua pada tanggal 24 Pebruari 1986, adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Inpres Muram, desa Margamulia Kab. Merauke/ Papua, Mts Annajah YAMRA Merauke Kab. Merauke/ Papua, SMA N1 Merauke Kab. Merauke/ Papua. Melanjutkan studi jenjang Diploma 3 di Fakultas Teknik jurusan Informatika Universitas Musamus Merauke (UNMUS) pada tahun 2004.

Penulis kemudian melanjutkan studi S1 pada tahun 2008 di kampus dan jurusan yang sama yaitu UNMUS. Melalui program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPP-DN) Dirjen DIKTI tahun 2013, penulis melanjutkan studi S2 di jurusan Teknik Informatika pada Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) di kota Surabaya.

Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut terkait topik tesis, ini dapat menghubungi penulis melalui email : [rachmat.box@gmail.com](mailto:rachmat.box@gmail.com)